# WIADOMOŚCI
# TECHNICZNO-ARTYLERYJSKIE

Nr. 7.

PAŹDZIERNIK — 1930.

T R E Ś Ć:

| | | Str. |
|---|---|---|
| 1. | *Płk. inż. Niewiadomski Paweł.*—Samowzmacnianie luf działowych w świetle nowoczesnych badań niemieckich . . | 776 |
| 2. | *Wilniewczyc Piotr.*—Próba klasyfikacji broni samoczynnych . . . . . . . . | 833 |
| 3. | *Ppłk. inż. Rakowski Henryk.*—Sprawa badań naukowych w dziedzinie prochów i materjałów wybuchowych . . | 855 |

S O M M A I R E:

| | | Pages |
|---|---|---|
| 1. | *Col. ing. Niewiadomski P.*—L'autofrettage d'après les récentes études allemandes . . . . . . . . . . . . . | 776 |
| 2. | *Wilniewczyc P.*—Essai de classification des armes automatiques . . . . . | 833 |
| 3. | *Lt. col. ing. Rakowski H.* — Au sujet des recherches scientifiques dans le domaine des poudres et des explosifs | 855 |

U W A G A. **Liczby umieszczone nad tytułami poszczególnych artykułów w tekście, oznaczają symbole klasyfikacji dziesiętnej.**

623.421(43)

Płk. Inż. NIEWIADOMSKI PAWEŁ.

# SAMOWZMACNIANIE LUF DZIAŁOWYCH W ŚWIETLE NOWOCZESNYCH BADAŃ NIEMIECKICH[1]).

Samowzmacnianie (selfhooping, autofrettage) luf działowych niewątpliwie należy do zagadnień najbardziej ciekawych w nowoczesnej teorji i praktyce budowy stalowych luf działowych.

Sposób ten budowy, jak wiadomo polega nietylko na sztucznem podniesieniu granicy sprężystości metalu, przez odpowiednią obróbkę na zimno, lecz również na wytworzeniu wewnątrz ścianki lufy nieskończenie wielkiej ilości nieskończenie cienkich pierścieni ciągłych, dających zaciskanie średnicowe [2]).

Z teorji wytrzymałości poprzecznej luf działowych wiemy, że w danym punkcie rury pojedyńczej o promieniu wewnętrznym $R_0$ i promieniu zewnętrznym $R_1$, która z wewnątrz poddana jest ciśnieniu jednostkowemu $P_0$, powstają naprężenia następujące [3]):

a) w kierunku promienia

$$P = P_0 \frac{R_0^2}{R^2} \cdot \frac{R_1^2 - R^2}{R_1^2 - R_0^2}$$

b) w kierunku stycznej (1)

---

1) H. Klein. „Untersuchungen an Kaltgereckten, dickwandigen Rohren unter besonderer Berücksichtigung der Veränderungen der Werkstoffeigenschaften". Mitteilungen aus dem Kaiser-Wilhelm-Institut für Eisenforschung zu Düsseldorf-Band XI, Lieferung 20; Düsseldorf 1929, Verlag Stahleisen m. b. H.

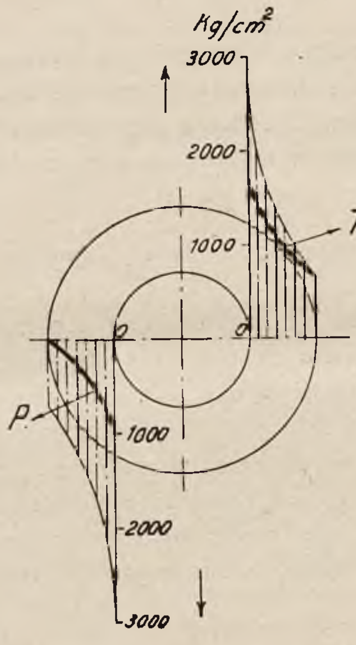
2) Ppłk. inż. K. Jakowski: „Wytrzymałość luf działowych" Bibljoteka „Przeglądu Artyleryjskiego" Nr. 5, str. 146. Warszawa 1929.

3) Ppłk. inż. K. Jakowski: „Wytrzymałość luf działowych" Bibljoteka „Przegl. Art." Nr. 5, str. 73—74, Warszawa 1929.

$$T = P_0 \frac{R_0^2}{R^2} \cdot \frac{R_1^2 + R^2}{R_1^2 - R_0^2}$$

gdzie $R$ jest to promień w danym punkcie rury.

Wykres naprężeń dla rury o promieniu wewnętrznym $R_0 = 36$ mm i promieniu zewnętrznym $R_1 = 70{,}5$ mm, poddanej z wewnątrz ciśnieniu $P_0 = 1000$ kg/cm² jest uwidoczniony na rys. 1.




*Rys. 1.*

Z rysunku tego wnioskujemy, że naprężenie w kierunku promienia (naprężenie ściskające) zmniejsza się (w miarę, gdy posuwamy się od wnętrza ścianki rury do jej powierzchni zewnętrznej) od swej wartości maksymalnej do wartości zero, naprężenie zaś w kierunku stycznej (naprężenie rozciągające), mając swą wartość maksymalną na powierzchni wewnętrznej rury, zmniejsza się w kierunku posuwania się do warstwy zewnętrznej równolegle do zmian naprężeń w kierunku promienia, zachowując na powierzchni zewnętrznej pewną określoną wartość, zależną od grubości ścian rury i od ciśnienia wewnętrznego.

Przy obciążeniach w granicach sprężystości metalu, nie występują w kierunku osiowym rury żadne naprężenia, pod warunkiem, że

na rurę nie działają wogóle siły zewnętrzne w kierunku osiowym. Zmiany kształtu rury w kierunku osiowym są te same na całej jego długości i przekroju.

Ze wzorów (1), jak również z rys. 1 wynika, że naprężenie w kierunku stycznej jest większe od naprężenia w kierunku promienia rury.

Wychodząc z tego założenia, Lamé [4]) i gen. art. franc. Virgile przypuszczali, że ponieważ

$$T > P$$

to, aby uniknąć odkształceń trwałych pod równoczesnem działaniem naprężeń ściskających w kierunku promienia i naprężeń rozciągających w kierunku stycznej, to ostatnie naprężenie nie powinno przekraczać granicy sprężystości $E$ metalu, co wyraża się przez

$$T \leqslant E$$

Hipoteza ta jest znana pod nazwą *hipotezy naprężeń maksymalnych.*

*Saint-Venant* (1885 r.), zmieniając nieco hipotezę Lamé'go wyszedł z założenia, że idzie nie o to, aby utrzymać największe naprężenie poniżej granicy sprężystości, lecz o to, aby najwyższe odkształcenie sprężyste pozostawało poniżej pewnej granicy odkształceń; należy więc *ograniczyć największe rozciągnięcie jednostkowe do rozciągnięcia jednostkowego,* odpowiadającego granicy sprężystości metalu, skąd wynika, w razie równoczesnego działania wzajemnie prostopadłych dwóch naprężeń, ściskającego P i rozciągającego $T$, warunek

$$T + \frac{P}{m} \leqslant E$$

gdzie $m$ nosi nazwę współczynnika przewężenia poprzecznego, jest to t. zw. *„liczba Poisson'a"*, dla stali przyjmowana dawniej

$$4 > m > 3,$$

jednakowoż nowsze badania (między innemi Ing. en chef franc. art. morsk. *P. Malaval'a* w Centr. Lab. Marynarki franc.) wskazują, że dla $m$ należy przyjąć cyfrę mniejszą, a mianowicie:

$$m = \frac{8}{3}$$

Hipoteza ta znana pod nazwą *hipotezy odkształceń* znajduje wyraz w znanym wzorze Bacha na obliczenie grubościennych rur zam-

---

[4]) Lamé „Leçons sur la théorie mathématique de l'élasticité des corps solides". Paris, Gauthier-Villars. 1866 r.

kniętych oraz jest zastosowana przez l'ing. gén. L. Jacob [5]) i G. Kaiser'a [6]) przy obliczeniu luf działowych; posiadała ona do wybuchu wojny światowej najwięcej zwolenników, pomimo, że już wtenczas wyłaniały się w tym względzie nowe poglądy [7]).

Z tych poglądów najbardziej zasługuje na uwagę t. zw. *hipoteza naprężeń ścinających* lub największych różnic w naprężeniach głównych w tym wypadku, gdy największe naprężenie ściskające osiągnie wartość graniczną.

Jeżeli oznaczymy granicę sprężystości tworzywa na rozciąganie przez $E_r$ i jeżeli ograniczymy się do rozpatrywania wytrzymałości poprzecznej, w której siły ślizgania nie występują, to w/g hipotezy naprężeń ścinających w najogólniejszym przypadku trójwymiarowego stanu napięcia określonego naprężeniami normalnemi $\sigma_x$, $\sigma_y$, $\sigma_z$, przy $\sigma_y = 0$

$$\sigma_x - \sigma_z \leqslant E$$

Hipoteza O. Mohr'a [8]) według której średnie naprężenie nie ma wpływu na to, czy tworzywo nadaje się pod względem elastyczności, jest specjalnem ujęciem hipotezy naprężeń ścinających i daje te same warunki elastyczności, jak ta ostatnia.

Doświadczenia w tym kierunku, dokonane niezależnie od hipotezy O. Mohr'a przez J. Guesta' [9]) potwierdziły hipotezę O. Mohr'a.

Stosując tę hipotezę do rur grubościennych Ing. en chef. franc. art. morskiej P. Malaval [10]) przyjął hipotezę odkształceń przez ślizganie bez tarcia, z której wynika, że granica sprężystości na rozciąganie jest identyczna z granicą sprężystości na ściskanie $E_r = E_s$ Nadał on wzorowi na określenie granicy, kiedy tworzywo zawodzi pod względem elastyczności, następującą postać:

$$P + T \leqslant E_r = E_s$$

*Hipotezę tarcia wewnętrznego* można uważać za odmianę hipotezy naprężeń ścinających. W najogólniejszym przypadku trójwymiarowego stanu napięcia, określonego naprężeniami normalnemi $\sigma_x$,

---

5) L'Ing. Général L. Jacob: „Résistance et construction des bouches à feu". Octave Doin & fils, Paris 1920.

6) G. Kaiser: „Construction der gezogenen Geschützrohre" W. Sejdel & Sohn, Wien 1900.

7) O. Mohr: „Welche Umstände bedingen die Elasticitätsgrenze und den Bruch eines Materiales?" Zeitschr. des. Ver. deut. Ing. 1900, str. 1524.

8) O. Mohr: „Technische Mechanik" Wilh. Ernst. u. Sohn, Berlin 1914.

9) J. Guest: „On the sthength of ductile materjals under combined Stress'. Philosophical Magazine 50 (1900) S. 69 132.

10) P. Malaval: „Mémoire sur les propriétés mécaniques des métaux" Mémorial de l'artillerie française I (1922).

$\sigma_y$ i $\sigma_z$ warunek elastyczności tworzywa według tej hipotezy przedstawia się następująco:

$$\sigma_x - K\sigma_z \leqslant E$$

Wychodząc z założenia tej hipotezy Ch. Duguet[11]) w obliczeniu rur grubościennych przyjął, jako współczynnik tarcia wewnętrznego, współczynnik odpowiadający tarciu poślizgowemu pomiędzy suchemi powierzchniami metalu ($f = tg\varphi = 0{,}168$). Według tej hipotezy warunek elastyczności wyraża się w postaci

$$T + 0{,}7\,P \leqslant E_r$$

Wyszczególnione hipotezy służyły dotychczas za podstawę do obliczenia naprężeń w rurach grubościennych. Posiadały one dostateczną wartość praktyczną, pod warunkiem zabezpieczenia się przed przekroczeniem granicy sprężystości przez przyjęcie pewnego stosownego współczynnika bezpieczeństwa.

Z innych hipotez, dotyczących powstawania odkształceń trwałych przy naprężeniach wielokierunkowych, najbardziej zasługuje na uwagę *„hipoteza właściwej energji sprężystego odkształcenia postaciowego"*, wypowiedziana po raz pierwszy w roku 1904 przez naszego wybitnego profesora Politechniki Warszawskiej, M. T. Huber'a [12]) i potwierdzona przez obszerny materjał doświadczalny W. Lode'a [13]) Ogólny warunek elastyczności według tej hipotezy wyraża się przez wzór:

$$(\sigma_x^2 + \sigma_y^2 + \sigma_z^2 - \sigma_x\,\sigma_y - \sigma_y\,\sigma_z - \sigma_x\,\sigma_z) = 4K^2 = E_r^2$$

A. Nadai [14]) stosując tę hipotezę do rur grubościennych w założeniu, że w kierunku osi rury nie działają żadne siły, wyraża swój warunek sprężystości w postaci:

$$T - P \leqslant \pm \frac{2E_r}{\sqrt{3}}$$

Jeżeli do wzorów powyższych, wyrażających warunki dla granicy sprężystości metalu, wprowadzimy wartości naprężeń w kierunku promienia i w kierunku stycznej dla rur grubościennych naprężonych w granicach elastyczności, to w odniesieniu do warstwy wewnętrznej ru-

---

[11]) Ch. Duguet: „Limite d'elasticite et resistance à la rupture". Paris, Gauthier-Villars 1882.

[12]) Prof. M. T. Huber: „Właściwa praca odkształceń, jako miara wytężenia materjału" Lwów, Nakładem Towarzystwa Politechnicznego 1904 r.

[13]) W. Lode. „Einfluss der mittleren Hauptspannung auf das Fliessen der Metalle". Forschungsarbeiten Nr. 303, 1928.

[14]) A. Nadai: „Der bildsame Zustand der Metalle". J. Springer Berlin 1927.

ry otrzymamy następujące wzory, wyrażające wartości, które w żadnym wypadku nie powinny przekroczyć granicy sprężystości metalu.

1) według hipotezy naprężeń maksymalnych:

$$P_0 \left(\frac{R_1^2 + R_0^2}{R_1^2 - R_0^2}\right) = E_r$$

2) według hipotezy największego odkształcenia:

$$P_0 \left(\frac{R_1^2 + R_0^2}{R_1^2 - R_0^2} + \frac{1}{m}\right) = E_r$$

3) według hipotezy naprężeń ścinających, czyli odkształceń przez ślizganie bez tarcia:

$$P_0 \left(\frac{R_1^2 + R_0^2}{R_1^2 - R_0^2} + 1\right) = E_r$$

4) według hipotezy tarcia wewnętrznego:

$$P_0 \left(\frac{R_1^2 + R_0^2}{R_1^2 - R_0^2} + 0{,}7\right) = E_r$$

5) według hipotezy właściwej energji sprężystego odkształcenia postaciowego

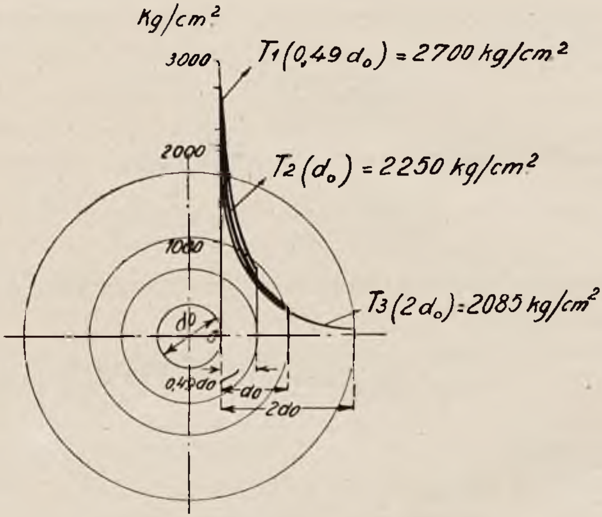
$$\frac{\sqrt{3}}{2} P_0 \left(\frac{R_1^2 + R_0^2}{R_1^2 - R_0^2} + 1\right) = E_r$$

Rura uwidoczniona na rys. 1 osiągnęłaby według hipotezy naprężeń ścinających przy ciśnieniu wewnątrz rury $P_0 = 1000$ kg cm² na swej wewnętrznej warstwie odkształcenia trwałe, gdyby granica sprężystości użytego metalu wynosiła 27 kg mm², a to ze względu na to, że suma arytmetyczna z naprężenia stycznego i naprężenia w kierunku promienia wynosi przy tem ciśnieniu w warstwie wewnętrznej 2700 kg cm². Ta suma naprężeń jest uwidoczniona na rys. 1 w postaci linji cienkiej.

Z rys. 2, który uwidacznia zmiany naprężenia rury w zależności od jej grubości ścian, wnioskujemy, że zwiększenie grubości ścian rury ponad jeden kaliber daje zysk nadzwyczaj mały, który bynajmniej nie okupuje wynikającego stąd zwiększenia ciężaru rury grubościennej; jest to uzasadnienie zasady empirycznej, której przytrzymywano się do połowy XIX wieku przy budowie luf działowych.

W celu uzyskania jak największego wykorzystania materjału, względnie osiągnięcia jak najwyższej wytrzymałości luf działowych na ciśnienie wewnętrzne, powstające w nich podczas strzału, zastosowano budowę t. zw. *luf złożonych.* Budowa ta polega na tem, że jak

wiadomo wewnętrzna warstwa pod ciśnieniem gazów prochowych rozciąga się więcej niż zewnętrzna, a więc dla osiągnięcia warunku, aby wszystkie warstwy brały mniej więcej jednakowy udział w oporze należy przed strzałem ścisnąć sztucznie warstwy wewnętrzne przez zewnętrzne, które zostaną przez to nieco rozciągnięte; przy strzale ciśnienie gazów prochowych, przeciwdziałając najpierw ściśnięciu warstw wewnętrznych, doprowadzi je do stanu normalnego, a zatem poczyna rozciągać je poza stan normalny.




Rys. 2.

*Przedstawia naprężenie styczne*) rury przy rozmaitych grubościach scianki. (Hipoteza naprężeń scinających)*

**) Wartości liczbowe odnoszą się do danych na rys średnic rur grubosciennych*

Aby uskutecznić ten sposób złożenia lufy, elementy, z których składa się lufa, nakładane są jedne na drugie przez wtłaczanie je na zimno lub bandażowanie na gorąco, czego wynikiem jest zaciskanie średnicowe w poszczególnych stykach elementów.

Wytrzymałość działowej lufy złożonej wzrasta z liczbą elementów. Największa, teoretycznie możliwa, wytrzymałość lufy złożonej, odpowiada nieskończenie wielkiej ilości rur elementarnych, nieskoń-

czenie cienkich, włożonych jedna na drugą z zaciskaniem takiem, iż wszystkie rury elementarne osiągają jednocześnie swą granicę sprężystości. Taką pod względem teoretycznym najlepszą lufę działową można otrzymać w praktyce z lufy pojedyńczej (wyrobionej z jednego kawałka stali), w której niezbędne cechy wytrzymałościowe uzyskuje się podczas fabrycznej obróbki lufy przez celowe i umiejętne przekroczenie granicy sprężystości metalu drogą wytworzenia wewnątrz rury bardzo wysokiego ciśnienia, zapomocą prasy hydraulicznej o wielkiej mocy, uszczelniając w odpowiedni sposób oba końce rury, przyczem po ukończeniu tej obróbki, poszczególne warstwy metalu przechodząc przez okres obróbki sprężystej, półsprężystej i okres zimnej obróbki całkowitej, otrzymują nowe granice sprężystości, a zarazem odkształcenie trwałe, tak, że warstwy leżące dalej od osi rury, wywierają ciśnienie (skierowane w stronę osi rury), na warstwy położone bliżej tej osi, a więc warstwy zewnętrzne obciskają niejako warstwy wewnętrzne, czyli otrzymujemy w ten sposób lufę złożoną jakby z nieskończenie wielkiej ilości elementów nieskończenie cienkich, w których granica sprężystości wzrosła w sposób zmienny od całej grubości lufy (o ile oczywiście proces samowzmocnienia lufy doprowadzony jest do okresu całkowitej zimnej obróbki; w przeciwnym razie — tylko na pewnej grubości ścian lufy).

Sposób ten budowy lufy działowej określany nazwą „samowzmacnianie" (selfhooping, autofrettage, selbstverfestigung).

Wobec tego, że zmiana średnicy prześwitu przy operacji samowzmacniania nie przekracza zazwyczaj 1%, H. Klein [15]) mówi, że można śmiało pominąć zwiększenie granicy sprężystości w poszczególnych warstwach, skądinąd nie będziemy tu mieli braku ciągłości między poszczególnemi elementami, który stanowi wadę luf złożonych, składających się z kilku elementów, nakładanych jedne na drugie przez wtłaczanie je na zimno lub bandażowanie na gorąco.

Wielkość naprężeń przy plastycznej zmianie kształtu w tym wypadku otrzymamy, łącząc równanie równowagi [16]) (rys. 3).

$$PR - TdR - (P + dP)\ (R + dR) = 0$$

czyli

$$PdR - RdP + TdR = 0,$$

z rozmaitemi warunkami stanu rury.

---

[15]) H. Klein: „Untersuchungen an Kaltgereckten, dickwandigen Rohren unter besonderer Berücksichtigung der Veränderungen der Werkstoffeinshaften". Mitteilungen aus dem Kaiser-Wilhelm-Institut für Eisenforschung zu Düsseldorf. Band XI, Lieferung 20; Düsseldorf 1929, Verlag Stahleisen m. b. H, str. 333.

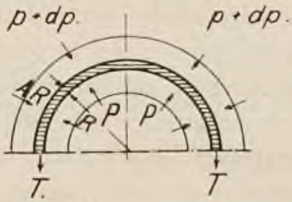
[16]) Ppłk. inż. K. Jakowski: „Wytrzymałość luf działowych", Bibljoteka „Przegl. Art." Nr. 5, Warszawa, 1929. str. 20—21.

Przyjmując za podstawę obliczenia hipotezę naprężeń ścinających H. Klein podaje obliczenie następujące:

$$PdR + RdP + (E_r - P)\, dR = 0$$

czyli $$RdP + E_r dR = 0$$

skąd $$\int \frac{dP}{E_r} = - \int \frac{dR}{R} + ln\ c.$$




Rys. 3

Skoro stan sprężystości nastał w całym przekroju rury, wówczas można wyznaczyć stałą na podstawie warunku, że

$$R = R_1 \text{ i } P = 0$$

otrzymamy więc wartość ciśnienia użytego wewnątrz rury w procesie jej samowzmacniania w postaci

$$P_0 = E_r\, ln \frac{R_1}{R_0}$$

W podobny sposób można też biorąc za podstawę inne hipotezy określić te ciśnienia, poza któremi nastąpi przekroczenie granicy sprężystości w warstwie zewnętrznej rury, a mianowicie:

1) według hipotezy naprężeń maksymalnych

$$P_0 = E_r \left[\frac{R_1}{R_0} - 1\right]$$

2) według hipotezy największego odkształcenia

$$P_0 = \frac{3}{2} E_r \left[\left(\frac{R_1}{R_0}\right)^{2/3} - 1\right]$$

3) według hipotezy naprężeń ścinających, czyli odkształceń przez ślizganie bez tarcia

$$P_0 = E_r\, ln \left(\frac{R_1}{R_0}\right)$$

4) według hipotezy tarcia wewnętrznego

$$P_0 = 3{,}33\, E_r \left[\left(\frac{R_1}{R_0}\right)^{0,3} - 1\right]$$

5) według hipotezy właściwej energji sprężystego odkształcenia postaciowego

$$P_0 = \frac{2}{\sqrt{3}}\, E_r\, ln\left(\frac{R_1}{R_0}\right)$$

Sposób obliczenia pozostałych naprężeń po ustaniu ciśnienia wewnątrz rury opiera się na następującem rozumowaniu.

Naprężenie w kierunku promienia wywołane przez ciśnienie $P_0$ wewnątrz rury, podczas jej operacji samowzmacniania można obliczyć dla każdej warstwy pierścieniowej zapomocą podanych wzorów, a z warunków stanu sprężystości obliczy się naprężenie styczne.

Po ustaniu działania ciśnienia $P_0$, t. j. w czasie powrotu rury do stanu równowagi możemy uważać ją za rurę elastyczną i na podstawie wzorów podanych poprzednio, obliczyć naprężenia, powstające po ukończeniu tej operacji samowzmacniania.

Według hipotezy naprężeń ścinających, naprężenie w kierunku promieni osiąga podczas operacji samowzmacniania pod ciśnieniem $P_0$ wartość

$$P_s = -E_r\, ln\left(\frac{R_1}{R}\right)$$

Zmiana naprężenia w kierunku promienia podczas zanikania ciśnienia, użytego przy operacji samowzmacniania wynosi

$$\Delta P = \frac{R_0^2}{R_1 - R_0^2}\left[\left(\frac{R_1}{R}\right)^2 - 1\right] P_0$$

skąd pozostałe naprężenie w kierunku promienia

$$P_1 = P_s + \Delta P = -E_r\, ln\left(\frac{R_1}{R}\right) + \frac{R_0^2}{R_1^2 - R_0^2}\left[\left(\frac{R_1}{R}\right)^2 - 1\right] P_0$$

czyli

$$P_1 = -E_r\left[ln\left(\frac{R_1}{R}\right) - \frac{R_0^2}{R_1^2 - R_0^2}\left\{\left(\frac{R_1}{R}\right)^2 - 1\right\} ln\frac{R_1}{R_0}\right]$$

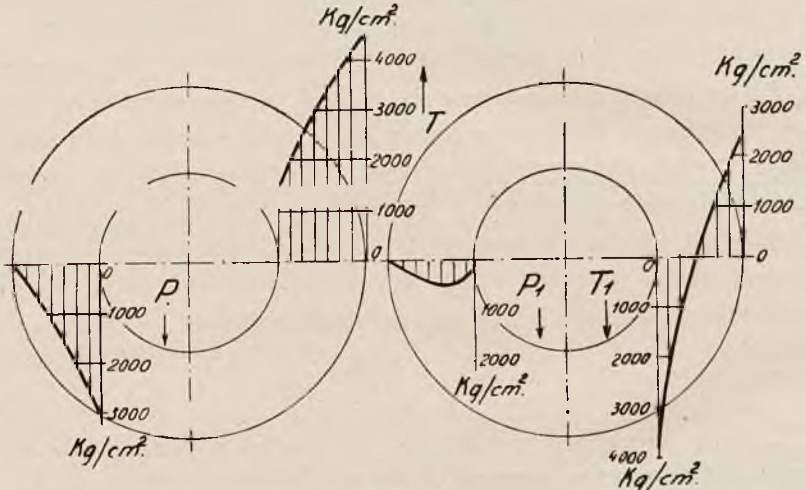
W podobny sposób oblicza się też pozostałe naprężenie styczne

$$T_1 = E_r\left[1 - ln\left(\frac{R_1}{R_0}\right) - \frac{R_0^2}{R_1^2 - R_0^2}\left\{\left(\frac{R_1}{R}\right)^2 + 1\right\} ln\left(\frac{R_1}{R_0}\right)\right]$$

Na rys. 4 uwidoczniony jest rozkład naprężeń, powstających podczas operacji roztłaczania rury pod ciśnieniem 3020 kg/cm² oraz po-

zostałe naprężenie w stanie spoczynku, a mianowicie dla materjału rury o granicy sprężystości 45 kg/mm². Przytem przyjęto jako podstawę obliczenia hipotezę naprężeń ścinających i wymiary rury podane w przykładzie rys. 1.

Jak widzimy, Klein przyjmuje, że w czasie operacji samowzmacniania granica sprężystości pozostaje stałą, co nie jest ścisłem, bo jak wiadomo $E = a + \frac{bc}{R^2}$, wobec czego ze względu na to, że $E_r \neq C^t$, nie może być wyprowadzona za $\int$, więc w rzeczywistości otrzymalibyśmy zamiast




Rys. 4

$$P_0 = E_r \ln \left(\frac{R_1}{R_0}\right)$$

$$P_0 = E_r \ln \left(\frac{R_1}{R_0}\right) + 0{,}0165 \frac{R_1^2}{R_0^2}$$ [17]

co przy $\frac{R_1}{R_0} = 3$ daje różnicę do 9%.

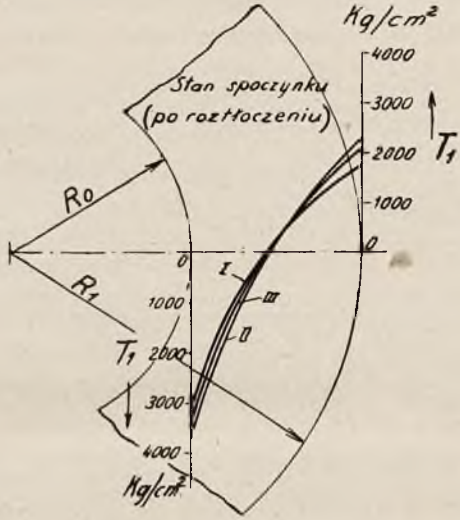
Rys. 5 podaje pozostałe naprężenie dla tejże rury z tego samego materjału przy zastosowaniu hipotez dotychczas stosowanych przy obliczaniu rur grubościennych.

Z podanych wzorów na obliczenie ciśnienia podczas operacji samowzmacniania, wypływa wartość granicy sprężystości materjału oraz stosunek promieni rury.

---

[17] Ppłk. inż. K. Jakowski: „Wytrzymałość luf działowych", Bibljoteka „Przegl. Artyl.", Nr. 5, str. 159. Warszawa 1929.

Przy rurach posiadających stosunkowo nieznaczną grubość ścianki, t. j. mniej więcej do $^1/_4$ średnicy przewodu, wydaje się niecelowem stosowanie roztłoczenia rury, gdyż wobec małego naprężenia pozostającego po ustaniu działania, nie osiąga się wydatnego zwiększenia mocy sprężystej rury.




Rys 5.

I hipoteza odkształceń

II —„— naprężeń ścinających.

III —„— tarcia wewnętrznego

Jeżeli natomiast obierzemy większą grubość ścianki, wtedy naprężenia spowodowane zaciskiem, nabierają coraz większego znaczenia. Przy pewnym stosunku promieni zależnie od hipotezy przyjętej za podstawę do obliczenia (waha się on pomiędzy 2,27 do 3), pozostające naprężenia po powrocie do stanu spoczynku osiągają taką wielkość, że dochodzi się na wewnętrznej stronie rury do granicy sprężystości na ściskanie [18]. W takiej rurze wyzyskuje się do zwiększenia jej wytrzymałości całą rozpiętość pomiędzy granicą sprężystości na rozciąganie a granicą sprężystości na ściskanie. W założeniu, że te

[18] Ppłk. inż. K. Jakowski: „Wytrzymałość luf działowych", Bibljoteka „Przegl. Artyl.", Nr. 5, str. 166 — 177, Warszawa 1929.

obie granice sprężystości są identyczne, można przez roztłaczanie zwiększyć moc sprężystą takiej rury o 100% [19]).

## II. URZĄDZENIA STOSOWANE DO DOŚWIADCZEŃ NAD SAMOWZMACNIANIEM RUR GRUBOŚCIENNYCH.

### *a) Samowzmacnianie przez wytworzenie wewnątrz rury ciśnienia hydraulicznego.*

H. Klein w swoim artykule: „Untersuchungen an kaltgereckten, dickwandigen Rohren unter besonderer Berücksichtigung der Veränderungen der Werkstoffeigenschaften [20]) przytacza wyniki prób samowzmacniania tym sposobem 3-ch rur o długości 3400 mm łącznie z końcami służącemi do uszczelnienia, o średnicy wewnętrznej 72 mm i zewnętrznej 141 mm każda. Dane co do mechanicznych właściwości i chemicznego składu stali, oraz sposób zimnej obróbki w procesie samowzmacniania tych rur, są podane w tabeli I.

Ciśnienie zastosowane do prób, wynoszące kilka tysięcy atmosfer, otrzymano zapomocą specjalnego urządzenia z prasą hydrauliczną o mocy 180 tonn.

Na płycie podstawowej prasy ustawiono zbiornik ciśnieniowy z otworem 60 mm, w którym poruszał się odpowiedni tłok. Przy największem ciśnieniu prasy 180 tonn otrzymano w zbiorniku ciśnieniowym 6200 atmosfer. W dolnej części zbiornika ciśnieniowego były dwa otwory rozstawione pod kątem 180°, jeden służący do połączenia z manometrem, drugi do połączenia z badaną rurą.

Wszystkie części przez które był przepuszczony płyn (olej rycynowy) pod tem bardzo wysokiem ciśnieniem były wykonane z najlepszej stali chromoniklowej i tak wymiarowane, że można było bez obawy podnosić ciśnienie aż do wspomnianej wyżej wartości.

Tłok był zrobiony z hartowanej stali stopowej. Połączenie pomiędzy zbiornikiem ciśnieniowym a badaną rurą, było uskutecznione zapomocą 2-ch kątników z 4-ma rurami łącznikowemi o długości 1 m każda.

---

[19]) Jeżeli w poszczególnym wypadku chcemy jeszcze bardziej zwiększyć moc sprężystą rury, to nic nie stoi temu na przeszkodzie, aby roztłaczanie rury posunąć dalej, aniżeli to miało miejsce przy niektórych rurach próbnych. W tym wypadku mówi się zwykle o wybitnem utwardzeniu ścianki rury, przyczem największe znaczenie przypisuje się podwyższeniu granicy sprężystości metalu.

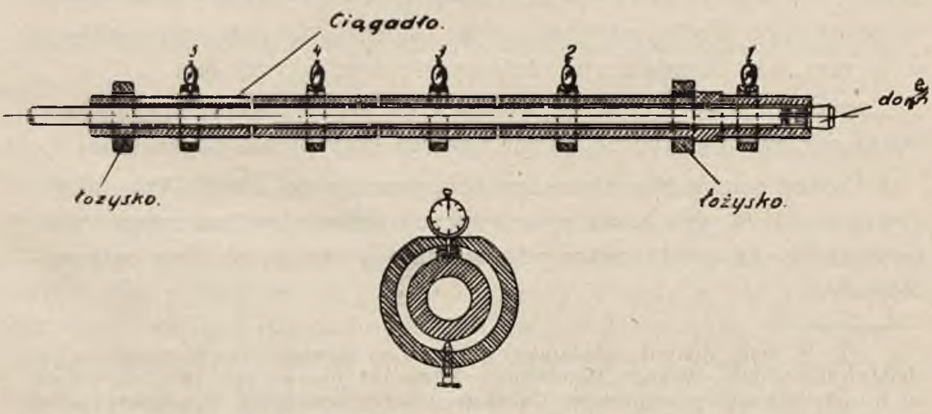
Naprężenia w rurze wzrastają w tym wypadku mniej więcej w tym samym stosunku, jak się podwyższa granicę sprężystości.

[20]) Mitteilungen aus dem Kaiser-Wilhelm-Institut für Eisenforschung zu Düsseldorf. Band XI. Lieferung 20, 1929.

Rura, z którą przeprowadzano próby, była ustawiona pionowo w specjalnem urządzeniu ochronnem, użytem przy tych doświadczeniach. Przy próbach należało się liczyć do pewnego stopnia ze ściśliwością płynu, użytego do wywołania tak wysokiego ciśnienia.

Ponieważ zachodziła obawa, że skok prasy nie wystarczy na wyrównanie wpływu tego zjawiska, wprowadzono do wnętrza badanej rury na całej długości sztabę walcową o średnicy 70 mm ze stali specjalnej o bardzo wysokiej granicy sprężystości (np. 100 $kg/mm^2$), tak, że płyn zajmował tylko małą wolną, o grubości 1 mm, przestrzeń pierścieniową pomiędzy zewnętrzną powierzchnią sztaby walcowej i wewnętrzną powierzchnią badanej rury. Rura była uszczelniana na końcach dławnicami skonstruowanemi specjalnie do tego celu z gumowemi uszczelnieniami. Jako płynu do wywoływania ciśnienia użyto oleju rycynowego, który z powodu znacznej gęstości ułatwiał uszczelnienie.

Przy pomiarach posługiwano się manometrem na wysokie ciśnienie firmy Schäffer Budenberg wskazującym do 2000 atm., który służył do cechowania, oraz manometrem z tłokiem podziałowym, wskazującym zredukowane ciśnienie w stosunku 1 : 10. Manometr ten był zaopatrzony w tłok obrotowy, umożliwiający wydatne wyeliminowanie wpływu tarcia. Rozszerzenie rury mierzono przy pomocy sześciu zegarów miernikowych (czujników) przytwierdzonych do pierścieni przytrzymujących i rozmieszczonych równomiernie na całej długości rury poddanej próbie samowzmacniania, podobnie jak to jest uwidocznione na rys. 6, odnoszącym się do sposobu samowzmacniania przez przeciąganie w przewodzie rury dornia stalowego.




Rys 6.

Operację samowzmacniania przeprowadzono w ten sposób, że podwyższano ostrożnie ciśnienie tak długo, dopóki wszystkie czujniki nie wskazały rozdęcia, odpowiadającego według obliczenia granicy wydłużenia na wewnętrznej powierzchni rury. Przez kilkakrotne kontrolne zniżanie i podwyższanie ciśnienia aż do wartości otrzymanej w czasie tej zimnej obróbki całkowitej, ustalono, czy zachowuje się ona sprężyście.

*b) Samowzmacnianie przez przeciąganie w przewodzie rury dornia* [21])

Do prób użyto dwu rur. Próby przeprowadzono na ciągadle, stosowanem normalnie do ciągnięcia rur na gorąco.

Na rys. 6 jest uwidocznione urządzenie doświadczalne, służące do tej obróbki na zimno.

Przy tych doświadczeniach pomiary można było dokonać jedynie w ograniczonym zakresie. Podczas prób rura była umieszczona w łożu ciągarki, opierając się na niem obu swojemi końcami, przyczem jedno łożysko służyło jako łożysko oporowe i miało za zadanie przyjęcie sił działających w kierunku przeciągania dornia. Obie rury były wewnątrz starannie wypolerowane, a przed próbą przedmuchiwano je zgęszczonem powietrzem, ażeby usunąć zanieczyszczenia, które mogły się nagromadzić w czasie transportu i mogły spowodować wgryzanie się dornia w rurę podczas przeciągania. Wewnętrzną ściankę rury natłuszczono olejem prądnicowym zmieszanym z czystym grafitem.

Następnie przeciągnięto przez rurę ciągadło bez dornia, ażeby się przekonać, czy nie dotyka ono przypadkiem ściany wewnętrznej badanej rury. Po nałożeniu dornia natłuszczono go obficie i przeciągnięto przez rurę. Do tej obróbki użyto 7 dorni o średnicy wzrastającej o $^1/_{10}$ mm, tak, że ostateczne roztłoczenie wyniosło 0,7 mm.

Średnica otworu tych rur wynosiła 75 mm, zaś wszystkie inne wymiary rur były identyczne do rur użytych przy próbie poprzedniej.

Proces samowzmacniania przez przeciąganie dornia był zakończony z chwilą, gdy suma pojedyńczych odkształceń na zewnętrznej powierzchni osiągnęła miarę odpowiadającą zimnej obróbce całkowitej rury.

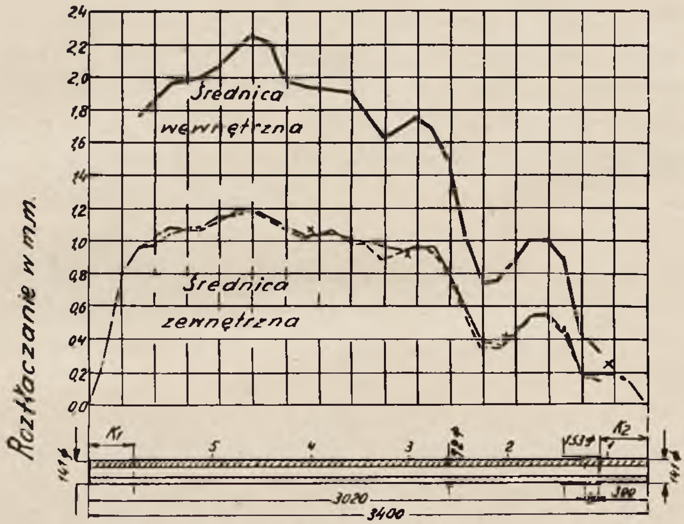
---

[21]) W tem miejscu należałoby wskazać na sposób samowzmacniania luf działowych z tak zwanego stalobronzu, który już około roku 1870 zastosował w b. artylerji austro-węgierskiej Uchatius przez przeciąganie w przewodzie luf bronzowych dornia stalowego, w celu utwardzenia wewnętrznej warstwy metalu lufy. W każdym razie jednak nie zdawał on sobie sprawy z możliwości wpływania tym sposobem na rozkład naprężeń w materjale lufy.

## III. BADANIE NAPRĘŻEŃ W RURACH SAMOWZMOCNIONYCH.

Na rys. od 7 do 9 są podane wyniki całkowitego roztłoczenia rur Nr. 3, Nr. 5 i Nr. 7 przez wytworzenie wewnątrz rury ciśnienia hydraulicznego.

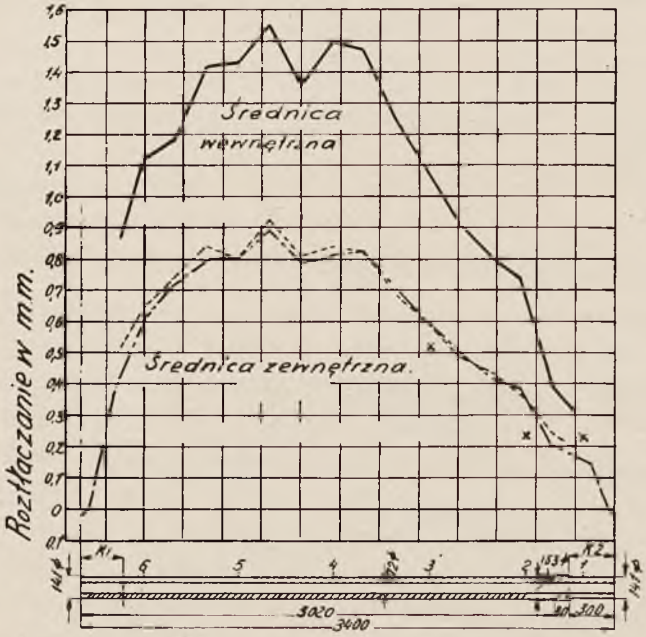
Pomiary uskuteczniono przy pomocy czujnika, używanego do mierzenia otworów i czujnika kabłąkowego, przyczem mierzono w tych samych miejscach przed i po procesie samowzmacniania rury. Wska-




*Próbna rura Nr 3 (stal chromo-niklowa.)*

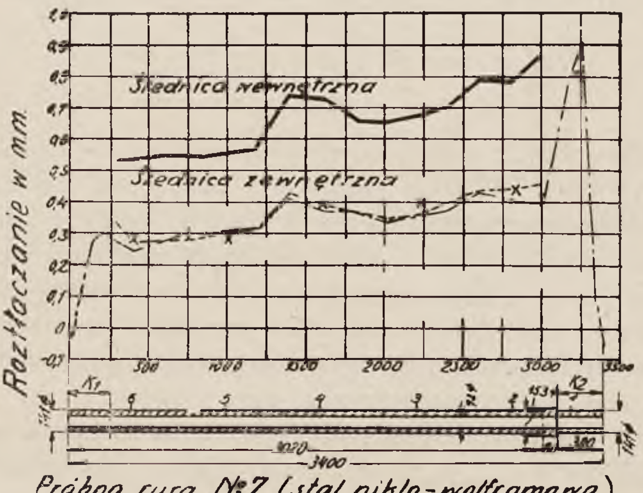
*Rys. 7.*

zówki czujników zegarowych, których położenie jest uwidocznione na rys. od Nr. 7 do 9 wykazały zgodność z pomiarami średnicy zewnętrznej. Z powodu przegięcia się rur w kierunku osiowym, po procesie samowzmacniania nie można było wyciągnąć wprowadzonej do rury sztaby walcowej. Ażeby się przekonać, czy wspomniana sztaba nie wywarła wpływu na rozkład naprężeń w przekroju poprzecznym rury, przeprowadzono pomiary średnicy zewnętrznej rury przed usunięciem z niej sztaby. Po wyprostowaniu rury i odcięciu jej końców przeznaczonych do badania naprężeń i badania tworzywa, sztaba spoczywała zupełnie luźno w rurze. Rozszerzenie zaobserwowane w trzech rurach, zbija zapatrywanie, jakoby działanie podporowe końców rur, względnie wzmocnienie na jednym końcu, wywoływało dostrzegalne zmiany, przeciwnie wskazują one wyraźnie, że rury odpo-




Próbna rura №5 (stal węglista St. C.45,61 termicznie uszlachet.)

Rys. 8

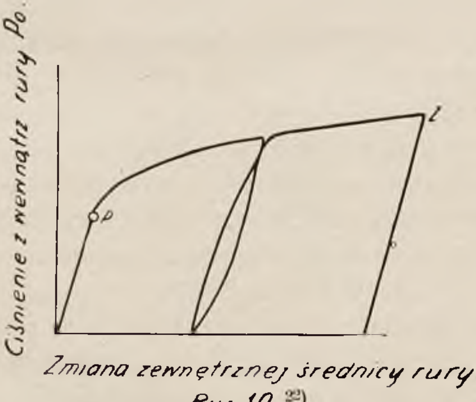



Próbna rura №7 (stal niklo-wolframowa)

Rys. 9

wiednio do rozkładu materjału w kierunku długości przystosowały się do ciśnienia, zmieniając odpowiednio kształt. Wykresy zgadzają się dobrze z podanemi wynikami badania naprężeń i tworzywa.

Przejście ze stanu sprężystego do stanu plastycznego, zaznacza się tem, że stosunek linearny, zachodzący między ciśnieniem wewnętrznem, a zmianą średnicy zewnętrznej ustaje po dojściu do granicy podatności materjału. Zaznacza się to tem wyraźniej, im widoczniej materjał jest w stanie płynności. G. Cook i A. Robertson [21]) zastosowali te spostrzeżenia do wykazania, przy jakiem ciśnieniu wewnętrznem i naprężeniu materjału w kilku kierunkach przestaje on się nadawać pod względem sprężystości. Wykreślając ciśnienie wewnętrzne w procesie samowzmacniania w zależności od zmiany średnicy zewnętrznej otrzymamy schematyczną krzywą uwidocznioną na rys. 10). W punkcie $P$ jest osiągnięta granica podatności na wewnętrznej warstwie rury.




Rys 10. [22])

Wobec tego, że opór wywołany odkształceniem w początkowym stanie płynności nie zmienia się znacznie, wewnętrzne warstwy nie mogą stawiać dostatecznego oporu wzrastającemu ciśnieniu wewnętrznemu, co powoduje, że następnie warstwy wewnętrzne są znacznie silniej natężane. Ze zwiększeniem ciśnienia zewnętrznego odkształcają się plastycznie warstwy coraz dalej położone od osi rury, tak, że ostatecznie w punkcie Z powierzchnia zewnętrzna znajdzie się na granicy podatności metalu.

---

[21]) G. Cook A. Robertson: „The streng of thik hollow cylinders internal pressure", Engineering 92 (1911) S. 786/89.

[22]) Rys. 10 podaje H. Klein; jednakowoż nie tłumaczy go w dostatecznej formie.

Starano się posuwać proces samowzmacniania aż do tego zwiększenia średnicy, ponieważ spodziewano się, że przy tej grubości ścian, osiągnie się dostateczne zwiększenie mocy sprężystej w porównaniu z rurami niesamowzmocnionemi. Małe przekroczenie obliczonej wartości zmiany zewnętrznej średnicy rury nie ma wpływu na przedstawienie całokształtu, wobec tego, że ma ono tylko nieznaczny wpływ na zmianę własności materjału.

Wobec bardzo znacznej ilości uskutecznionych pomiarów rur samowzmocnionych, podano w tablicach od 2 do 4 tylko wyciąg z otrzymanych wyników.

Pomiary od chwili przekroczenia granicy sprężystości w warstwie wewnętrznej aż do osiągnięcia granicy podatności w warstwie zewnętrznej przekroju rury są w nich pominięte, albowiem nie mają one wpływu na dalsze rozważania.

Rys. 11 podaje zawczasu obliczone ciśnienia wewnętrzne w zależności od granicy podatności, a mianowicie w górze dla osiągnięcia podatności warstwy wewnętrznej, u dołu dla osiągnięcia podatności warstwy zewnętrznej rur branych dla prób. Za podstawę obliczenia przyjęto wzory wynikające z hipotez podanych w części I-szej.

Na rys. tym są podane ciśnienia wewnętrzne odpowiadające plastycznemu odkształceniu wewnętrznej i zewnętrznej warstw rur, poddanych samowzmacnianiu przez wytworzone wewnątrz rury ciśnienie hydrauliczne, które to dane oznaczono na podstawie wskazań czujników zegarowych (tab. 2—4) [23].

Widzimy, że rezultaty otrzymane przy tych próbach wykazują wielką rozbieżność w odniesieniu do krytycznego ciśnienia; tłumaczy się to niejednolitością tworzywa, o czem wspomniano na początku tego rozdziału. Wartości te jednak zgadzają się z zapatrywaniem wypływającem z rys. 7—9 na zachowanie się rur.

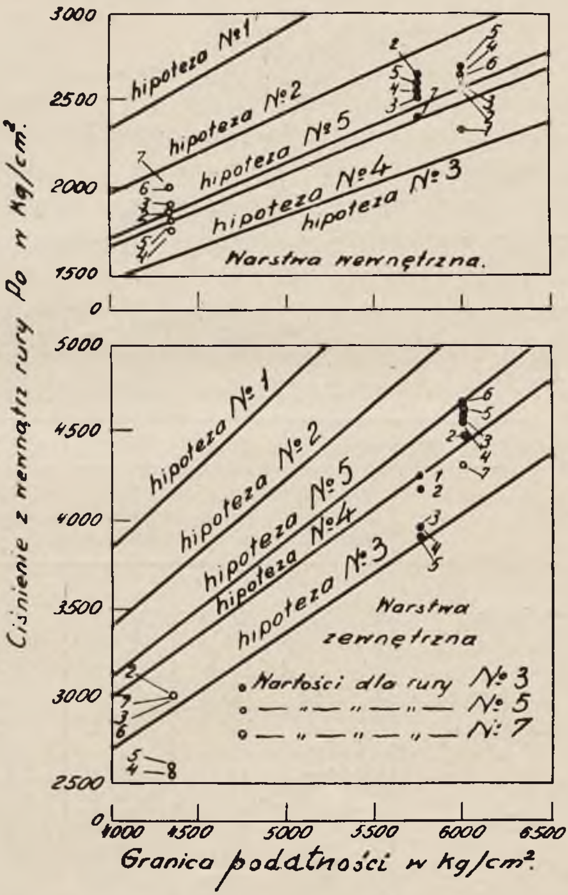
Wyniki doświadczeń na rurach samowzmocnionych przez wytworzone wewnątrz rury ciśnienie hydrauliczne, podane na rysunku Nr. 11, można ocenić następująco: rozrzut wartości wytrzymałościowych, wskazuje na to, że przy grubościennych rurach wykonanych z podanych materjałów i o podanych wymiarach hipotezy 3—5 nadają się w równej mierze do obliczenia przekroczenia granicy sprężystości (hipoteza naprężeń ścinających, hipoteza tarcia wewnętrznego

---

[23]) Granice podatności przyjęte tu za podstawę obliczenia są to wartości poprawione w odniesieniu do wartości otrzymanych przez proces samowzmacniania (tab. 1); otrzymano je na podstawie uzupełniających prób, wykonanych na próbkach pierścieniowych.

i hipoteza właściwej energji sprężystego odkształcenia postaciowego) W żadnym wypadku jednak nie otrzymano wartości, któreby się zgadzały z hipotezą największego odkształcenia, względnie z hipotezą maksymalnych naprężeń.

Możliwość natychmiastowego sprawdzania w procesie samowzmocnienia stosunku zachodzącego pomiędzy ciśnieniem wewnętrz-




Rys 11.

nem a zmianą średnicy zewnętrznej rury, daje nam obraz, w jakim stanie naprężenia znajdowały się w zewnętrznej warstwie pierścieniowej podczas procesu samowzmacniania i bezpośrednio po ukończeniu tego procesu. Ważne są tylko naprężenia w kierunku stycznym, ponieważ w rurach będących pod ciśnieniem wewnętrznem, na powierz-

chni zewnętrznej nie mogą mieć miejsca naprężenia w kierunku promienia, a naprężenia w kierunku osi są zbyt nieznaczne. Jest to o tyle ważne, że z naprężenia stycznego skonstatowanego na powierzchni, można było bezpośrednio wnioskować o stanie naprężeń w całej rurze. Wartość naprężenia w pierścieniu w stanie spoczynku ($T_1$) można wyznaczyć z odprężenia, zachodzącego przy odciążeniu rury, obciążonej poprzednio aż do granicy podatności materjału, a mianowicie:

$$T_1 = E_r - M \frac{\Delta d_1}{d}$$

Można przyjąć, że moduł sprężystości $M$ nie zmienia się przy odkształceniach, zachodzących w procesie samowzmacniania rur.

Wartości tych naprężeń dają się wyprowadzić z tab. 1—4, zawierających rezultaty pomiarów rur podczas procesu samowzmacniania, w tab. 5 podane jest zestawienie wyjawnionych naprężeń w zewnętrznych warstwach rury.

Do porównania z wartościami naprężeń stycznych otrzymanemi w drodze doświadczalnej, podaje tab. 5 naprężenia w stanie spoczyn-

Tablica 1.

| Rura próbna | Nr 2 | Nr 4 | Nr 3 | Nr 5 | Nr 7 |
|---|---|---|---|---|---|
| Materjał | Stal chromo-niklowa | Stal węglista (St. C. 45,61) | Stal chromo-niklowa | Stal węglista (St. C. 45,61) | Stal niklowo-wolframowa |
| $\sigma_p$ granica podatności w kg/mm² | $K_1$[1]) 57,1<br>$K_2$[1]) 55,8 | 48,5<br>47,6 | 61,1<br>62,8 | 48,2<br>49,0 | 60,2<br>60,2 |
| $R$ wytrzymałość na rozerwanie w kg/mm² | $K_1$ 73,5<br>$K_2$ 73,9 | 68,4<br>65,7 | 77,9<br>79,7 | 67,2<br>73,0 | 75,6<br>79,7 |
| $A$ przydłużenie w % | $K_1$ 16,3<br>$K_2$ 16,2 | 18<br>20 | 16,7<br>18,3 | 18,0<br>18,2 | 16,7<br>16,7 |
| $B$ przewężenie w % | $K_1$ 55,5<br>$K_2$ 30,5 | 36,0<br>43,8 | 50,9<br>49,8 | 37,5<br>37,5 | 37,2<br>42,4 |
| Sposób obróbki na zimno | Przeciąganie dornia przez przewód rury | | Wytwarzanie wewnątrz rury ciśnienia hydraulicznego | | |
| Data operacji | 9.11.27<br>15.11.27<br>17.11.27 | 15÷17.11.27 | 2÷4.8.28 | 6—10.12.27 | 14—22.12.27 |

*Uwaga:* [1]) Dotyczy końców $K_1$ i $K_2$ specjalnej rury i prób użytych w tych doświadczeniach.

Tabl. 2. Pomiary rury Nr. 3 podczas samowzm. (sposób hydrauliczny).

| Rzeczywiste ciśnienie | Zmiany średnic w/g wskazówek zegarów mierniczych w 1/100 mm | | | | | UWAGI |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | Liczby wydrukowane tłustym drukiem wskazują granice podatności w warstwie wewnętrznej rury, mierzone w poszczególnych miejscach. |
| 520 | 1,9 | 1,9 | 1,9 | 1,9 | 2,1 | |
| 1000 | 3,8 | 4,0 | 4,1 | 4,1 | 4,3 | |
| 1500 | 6,6 | 6,6 | 6,7 | 6,3 | 6,6 | |
| 2000 | 9,3 | 9,2 | 9,6 | 9,0 | 8,7 | Materjał zaczyna być płynny w granicach ciśnienia 2400—2600. |
| 2400 | **11,6** | 11,3 | 11,8 | 11,2 | 10,3 | |
| 2600 | 12,9 | **12,3** | **12,9** | **12,2** | **11,3** | Dokładne wartości ciśnienia wewnętrznego wskazane na rys. 11, otrzymuje się po wykreśleniu odnośnych krzywych. |
| 2800 | 14,3 | 13,5 | 14,2 | 13,4 | 12,5 | |
| 3000 | 15,8 | 14,8 | 16,1 | 15,0 | 14,0 | Brak wartości pośrednich. |
| 3900 | 24,2 | 28,0 | 35,8 | 33,2 | **38,5** | Liczby wydrukowane tłustym drukiem wskazują granicę podatności w warstwie zewnętrznej rury, mierzone w poszczególnych punktach. |
| 3940 | 26,0 | 29,1 | **40,0** | **40,3** | 50,2 | |
| 4010 | 27,8 | 29,0 | 50,1 | 57,1 | 69,2 | |
| 4120 | 30,5 | 33,3 | 82,8 | 93,9 | 103,8 | ($\Delta d$, dla początku podatności materjału = 0,38 mm). |
| 4180 | 33,8 | **37,9** | 95,5 | 105,5 | 116,2 | |
| 4260 | **41,6** | 60,2 | 119,0 | 132,6 | 144,1 | Dokładne wartości ciśnienia wewnętrznego wskazane na rys. 11, otrzymuje się po wykreśleniu odnośnych krzywych. |
| 40 | 19,5 | 37,2 | 95,0 | 105,5 | 115,6 | |
| 40 | 21,6 | 37,0 | 93,8 | 104,8 | 114,6 | Ostatnie obciążenie rury. |

Tabl. 3. Pomiary rury Nr. 5 podczas samowzm. (sposób hydrauliczny).

| Rzeczywiste ciśnienie | Zmiany średnic w/g wskazówek zegarów mierniczych w 1/100 mm. | | | | | | UWAGI |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | |
| 560 | 2,5 | 2,5 | 2,5 | 2,5 | 2,5 | 2,5 | Liczby wydrukowane tłustym drukiem, wskazują granice podatności w warstwie wewnętrznej rury, mierzone w poszczególnych miejscach. |
| 1000 | 4,5 | 5,0 | 4,5 | 5,0 | 4,5 | 4,5 | |
| 1500 | 7,0 | **7,3** | **6,7** | **6,9** | **6,8** | 7,0 | |
| 1990 | **9,7** | 9,7 | 9,1 | 9,8 | 9,2 | **9,2** | Materjał zaczyna być płynny w granicach ciśnienia 1500÷1900. |
| 2200 | 11,1 | 11,5 | 11,0 | 12,6 | 13,9 | 11,6 | Dokładne wartości ciśnienia wewnętrznego wskazane na rys. 11, otrzymuje się po wykreśleniu odnośnych krzywych |
| 2480 | 14,2 | 15,2 | 14,6 | 22,5 | 24,0 | 15,0 | |
| 2600 | 17,7 | 18,0 | 18,0 | **34,0** | **34,0** | 18,0 | |
| | | | | | | | Brak wartości pośrednich. |
| 3000 | 28,7 | 23,5 | **32,0** | 61,5 | 57,2 | 37,2 | Liczby wydruk. tłustym drukiem, wskazują granicę podatności w warstwie zewnętrznej rury, mierzone w poszczególnych punktach ($\Delta d_1$ dla początku podatności materjału = 0,29 mm). |
| 3000 | **40,2** | **30,2** | 57,3 | 125,1 | 87,4 | 69,5 | |
| 0 | 22,0 | 14,3 | 40,9 | 97,0 | 71,2 | 53,0 | |
| | | | | | | | Dokładne wartości ciśnienia wewn. wskazane na rys. 11, otrzymuje się po wykreśleniu odnośnych krzywych. |
| 3080 | 45,9 | 37,4 | 70,1 | — | — | 86,2 | |
| 0 | 26,8 | 20,0 | 53,7 | — | — | 69,7 | Ostatnie obciążenie rury. |

Tablica 4.
Pomiary rury Nr. 7 podczas samowzm. (sposób hydrauliczny).

| Rzeczywiste Ciśnienie | Zmiany średnic w/g wskazówek zegarów mierniczych w 1/100 mm. | | | | | | UWAGI |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | |
| 0 | +0,3 | +0,1 | +0,1 | +1,0 | —0,6 | +1,0 | Liczby wydrukowane tłustym drukiem wskazują granice podatności w warstwie wewnętrznej rury, mierzone w poszczególnych miejscach. |
| 500 | 2,5 | 2,5 | 2,1 | 2,3 | 1,9 | 2,4 | |
| 1110 | 5,3 | 5,2 | 5,0 | 5,3 | 4,5 | 5,1 | |
| 1800 | 8,9 | 8,8 | 8,8 | 8,7 | 7,7 | 8,9 | Materjał zaczyna być płynny w granicach ciśnienia 2500÷2800. |
| 2200 | **11,0** | 10,9 | 11,0 | 10,9 | 9,4 | 11,0 | Dokładne wartości ciśnienia wewnętrznego wskazane na rys. 11, otrzymuję się po wykreśleniu odnośnych krzywych. |
| 2500 | 12,6 | **12,2** | **12,2** | **12,1** | **10,7** | **12,1** | |
| 2800 | 14,7 | 14,4 | 14,2 | 13,9 | 12,5 | 14,0 | |
| 3000 | 15,9 | 15,6 | 15,3 | 15,0 | 13,6 | 15,1 | |
| | | | | | | | Brak wartości pośrednich. |
| 4400 | **42,1** | 36,2 | 29,2 | 31,8 | 27,5 | 28,9 | Liczby wydrukowane tłustym drukiem wskazują granice podatności w warstwie zewnętrznej rury, mierzone w poszczególnych punktach. ($\Delta d_1$ dla początku podatności materjału = 0,40 mm). |
| 4600 | 52,5 | **42,8** | 33,3 | 37,1 | 31,2 | 31,4 | |
| 4700 | 80,1 | 61,6 | **48,2** | **53,5** | **43,9** | **42,3** | |
| 4700 | 107,4 | 70,0 | 63,8 | 64,5 | 53,1 | 52,8 | Dokładne wartości ciśnienia wewnętrznego wskazane na rys. 11, otrzymuje się po wykreśleniu odnośnych krzywych. |
| 0 | 81,0 | 43,9 | 40,0 | 39,3 | 28,6 | 28,0 | Ostatnie obciążenie rury. |

Tablica 5.

| Rura Nr. | Materjał | Granice podatności w kg/mm² | Pierścieniowe naprężenia w punktach zegarów mierniczych | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 1 kg/cm² | 2 kg/cm² | 3 kg/cm² | 4 kg/cm² | 5 kg/cm² | 6 kg/cm² |
| 3 | Stal chromo-niklowa (uszlachetniona) . . . | 57,5 | 2950 | 2820 | 2620 | 2170 | 2025 | — |
| 5 | St. C. 45.61 (uszlachetniona) . . . . . . | 43,5 | 1700 | 2055 | 2000 | 1775 | 2035 | 1990 |
| 7 | Stal niklowo-wolframowa (uszlachetniona) . . . | 60,0 | 1990 | 2355 | 2440 | 2415 | 2560 | 2455 |

ku według hipotez wziętych za podstawę do obliczenia krzywych naprężeń podanych w tab. 5. Widać z nich, jak przy uwzględnieniu odnośnych wartości granicy podatności można obliczyć te naprężenia, na podstawie wzorów podanych w pierwszym rozdziale.

Również i wartości naprężenia wykazują różnice mniej więcej w tym samym stopniu jak to widzieliśmy przy ciśnieniach wewnętrznych, odpowiadających początkowi płynności materjału wewnętrznej warstwy rury. Naprężenia podane w tab. 6, wynikające z obliczeń na podstawie trzech rozmaitych hipotez, spowodowane zaciskaniem, zasługują na uwagę, ze względu na wykazane różnice.

Tablica 6.

| Rura Nr | Materjał | Granica podatności w kg/mm² | Naprężenia w/g hipotez | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | Odkształceń kg/cm² | naprężeń ścinających kg/cm² | tarcia wewnętrznego kg/cm² |
| 3 | Stal chromo-niklowa (uszlachetniona) . . . | 57,5 | 2300 | 3020 | 2740 |
| 5 | St. C. 45,61 (uszlachetniona) . . . . . . | 43,5 | 1700 | 2230 | 2020 |
| 7 | Stal niklowo-wolframowa (uszlachetniona) . . . | 60,0 | 2400 | 3180 | 2860 |

W drodze eksperymentalnej można wypośrodkować naprężenie pierścieniowe skurczonej rury, mierząc odprężenia występujące po zdjęciu warstw naprężonych. Metoda E. Heyn'a [24]) służąca do oznaczenia naprężeń w rurach, polegająca na stopniowem usuwaniu warstw z pierścienia przy równoczesnem mierzeniu zmiany grubości i średnicy, opiera się na tem rozumowaniu.

W tych doświadczeniach, naprężenie w poszczególnych warstwach pierścieniowych ustalono przy pomocy sprężynowania, następującego w wąskich pierścieniowych występach przy ich odcinaniu. Pobierano przytem cztery pierścienie z całego przekroju rury od wewnętrznej do zewnętrznej jej średnicy. Pierścienie miały takie wymiary, że nie należało obawiać się dodatkowych odkształceń przy obróbce. Tak wewnętrzna jak i zewnętrzna średnice rury były przytem starannie oszlifowane na szerokości nieco większej od szerokości próbnego pierścienia. Następnie pomierzono zewnętrzną i wewnętrzną średnicę w trzech miejscach, oddalonych od siebie o 120° w odległości 2 mm od powierzchni czołowej pierścienia. Potem przecięto rurę na odległości większej aniżeli szerokość pierścienia, licząc od powierzchni czołowej; szerokość pierścienia wynosiła stale 8 mm. Następnie

[24]) E. Heyn und O. Bauer: „International Zeitschrift für Metallographie". (1911). S. 16.

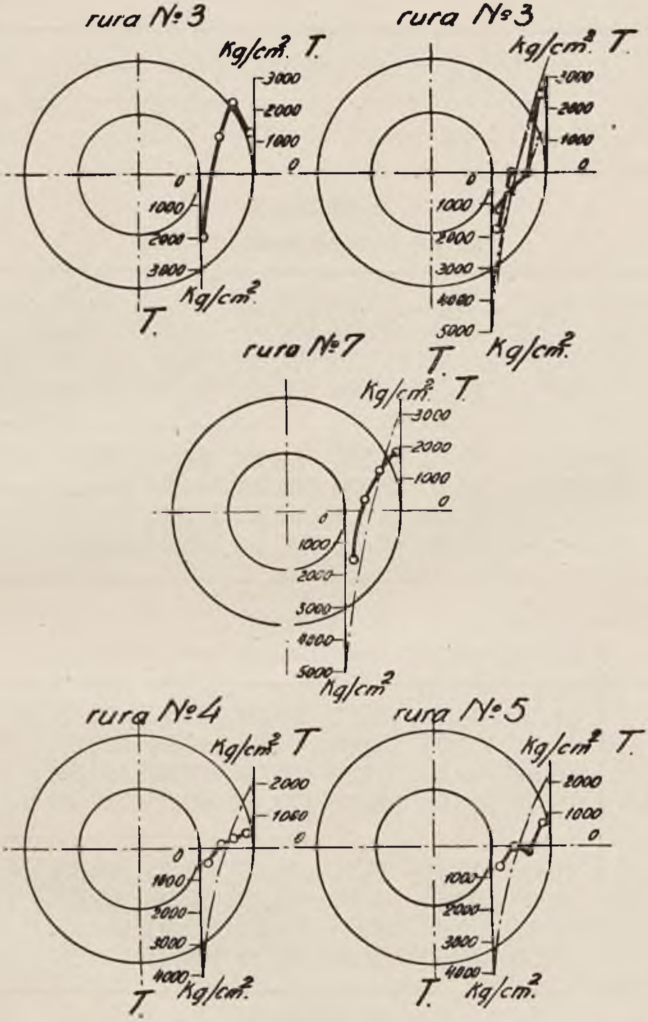
pomierzono w tych samych miejscach wewnętrzną i zewnętrzną średnice. Usztywniające działanie części rury nieobrobionej na pierścień zapobiegało jeszcze zwolnieniu naprężeń w pierścieniu. Po odcięciu pierścienia, z różnicy wymiarów przed i po odcięciu można na podstawie zależności

$$F = M \frac{\Delta d}{d}$$

obliczyć wielkość naprężenia pierścieniowego, odpowiadającego średnicy środkowej przekroju. Pobierano pierścienie postępując od wewnątrz ku zewnątrz rury i w kierunku odwrotnym, przyczem nie skonstatowano różnic naprężeń pierścieniowych, godnych uwagi. Pomiary przeprowadzono przy pomocy śrub mikrometrycznych i kabłąków mikrometrycznych. Obróbkę pierścienia dokonano z największą starannością i ostrożnością, tak, że nie spowodowała ona ani odkształceń, ani też powstania wyższych szkodliwych temperatur. Tab. Nr. 7 podaje wartości liczbowe naprężeń pierścieniowych.

Na rysunku 12 są podane otrzymane wartości naprężeń dla wszystkich pięciu rur próbnych, oraz wartości obliczone na podstawie hipotezy naprężeń ścinających. Przytem można skonstatować następujące ciekawe rezultaty. Rura Nr. 2, która była samowzmacniana przez przeciąganie wewnątrz rury dornia, nie została dostatecznie samowzmocniona, sądząc z rozkładu naprężeń, a to z tego powodu, że warstwy zewnętrzne były naprężone w granicach sprężystości. Przy tej rurze nie można było robić dokładnych pomiarów podczas procesu samowzmacniania, gdyż po pierwszych dwóch przeciągnięciach z powodu wgryzania się dornia powstawały drgania powodujące ciągłe rozregulowywanie się zegarów mierniczych (czujników). Z tego powodu musiano zaniechać obliczenia i wykreślenia pozostających teoretycznie ciśnień.

Przy przedstawieniu rozkładu naprężeń w rurze Nr. 3, samowzmocnionej przez wytworzenie wewnątrz rury, ciśnienia hydraulicznego, są podane dwie krzywe. Przy tej rurze zbadano oba jej końce, przyczem badania naprężeń i materjału na końcu $K$ były wykonane natychmiast po ukończeniu procesu samowzmacniania, natomiast silniej odkształcony koniec $K_1$ przed pomiarami poddano termicznej obróbce przy 250⁰. Krzywe *a* i *b* podają rozkład naprężeń według obliczeń oraz doświadczenia i odnoszą się do pomiarów uskutecznionych natychmiast po procesie samowzmacniania. Krzywe *c* i *d* podają odpowiednio wartości naprężeń w części rury poddanej sztucznemu pro-




*Rys. 12.*

cesowi starzenia się. Obie krzywe, wynikające z obliczenia *b* i *d*, różnią się od siebie z powodu różnicy wytrzymałości obu końców rury. Z przebiegu krzywych *a* i *c* w porównaniu z krzywemi ciśnień *b* i *d*, wynikających z obliczenia, wydaje się, jakoby proces starzenia się wpływał na zmianę naprężeń.

Próbna rura Nr. 7 samowzmocniona przez wytworzenie wewnątrz jej ciśnienia hydraulicznego, wskazuje wyraźnie naprężenia rozciąga-

Tabli

| Pierścień | | d (przed zdjęciem warstw) 1 | 2 | 3 | d (po zdjęciu warstw) 1 | 2 | 3 | Δd przeciętna mm | F przeciętne kg/cm² |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | **Rura Nr 2 (przez przeciąganie dornia)** | | | | | | | |
| Nr 1 | 1. pomiary | 76,07 | 76,07 | 76,09 | 76,20 | 76,17 | 76,15 | +0,10 | —2700 |
| Nr 2 | 1. pomiary | 92,93 | 92,93 | 92,93 | 92,91 | 92,91 | 92,90 | —0,02 | +445 |
| Nr 3 | 1. pomiary | 111,90 | 111,90 | 111,90 | 111,80 | 111,80 | 111,80 | —0,1 | +1815 |
| Nr 4 | 1. pomiary | 128,66 | 128,66 | 128,66 | 128,61 | 128,56 | 128,58 | —0,08 | +1275 |
| Nr 1 | 2. pomiary | 87,73 | 87,73 | 87,3 | 87,79 | 87,79 | 87,79 | +0,06 | —1400 |
| Nr 2 | 2. pomiary | 105,36 | 105,36 | 105,36 | 105,28 | 105,28 | 105,28 | —0,08 | +1550 |
| Nr 3 | 2. pomiary | 123,01 | 123,01 | 123,01 | 122,86 | 122,86 | 122,86 | —0,15 | +2500 |
| Nr 4 | 2. pomiary | 140,32 | 140,33 | 140,33 | 140,24 | 140,24 | 140,26 | —0,08 | +1170 |
| | | **Rura Nr 3 (przez wytwarzanie ciśnienia hydraulicznego)** | | | | | | | |
| Nr 1 | 1. pomiary | 76,10 | 76,11 | 76,10 | 76,15 | 76,15 | 76,15 | +0,05 | —1350 |
| Nr 2 | 1. pomiary | 92,80 | 92,79 | 92,80 | 92,80 | 92,80 | 92,80 | 0 | 0 |
| Nr 3 | 1. pomiary | 109,59 | 109,59 | 109,59 | 109,59 | 109,58 | 109,59 | 0 | 0 |
| Nr 4 | 1. pomiary | 127,90 | 127,90 | 127,90 | 127,75 | 127,75 | 127,76 | —0,15 | +2390 |
| Nr 1 | 2. pomiary | 76,10 | 76,10 | 76,10 | 76,15 | 76,15 | 76,14 | +0,05 | —1350 |
| Nr 2 | 2. pomiary | 92,89 | 92,89 | 92,89 | 92,89 | 92,90 | 92,89 | 0 | 0 |
| Nr 3 | 2. pomiary | 109,94 | 109,94 | 109,94 | 109,94 | 109,94 | 109,94 | 0 | 0 |
| Nr 4 | 2. pomiary | 128,50 | 128,50 | 128,50 | 128,35 | 128,35 | 128,35 | —0,15 | +2390 |
| | | **Rura Nr 3 (sztuczne starzenie) (przez wytwarzanie ciśnienia hydraulicznego)** | | | | | | | |
| Nr 1 | 1. pomiary | 76,04 | 76,04 | 76,04 | 76,08 | 76,08 | 76,09 | +0,04 | —1075 |
| Nr 2 | 1. pomiary | 92,91 | 92,91 | 92,91 | 92,92 | 92,92 | 92,92 | +0,01 | —220 |
| Nr 3 | 1. pomiary | 110,03 | 110,03 | 110,04 | 110,01 | 110,01 | 110,01 | —0,02 | +365 |
| Nr 4 | 1. pomiary | 127,75 | 127,75 | 127,75 | 127,65 | 127,65 | 127,65 | —0,10 | +1590 |
| Nr 1 | 2. pomiary | 76,05 | 76,05 | 76,05 | 76,10 | 76,09 | 76,10 | +0,05 | —1350 |
| Nr 2 | 2. pomiary | 93,07 | 93,07 | 93,07 | 93,10 | 93,10 | 93,09 | +0,03 | —660 |
| Nr 3 | 2. pomiary | 110,49 | 110,49 | 110,50 | 110,50 | 110,52 | 110,51 | +0,02 | —365 |
| Nr 4 | 2. pomiary | 128,65 | 128,67 | 128,67 | 128,59 | 128,59 | 128,59 | —0,07 | +1120 |

ca 7.

| Pierścień | | *d* (przed zdjęciem warstw) | | | *d* (po zdjęciu warstw) | | | Δ*d* przeciętna | *F* przeciętne |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 1 | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 | mm | kg/cm² |
| **Rura Nr 4 (przez przeciąganie dornia)** | | | | | | | | | |
| Nr 1 | 1. pomiary | 76,20 | 76,21 | 76,20 | 76,23 | 76,23 | 76,22 | +0,02 | —525 |
| Nr 2 | 1. pomiary | 93,42 | 93,41 | 93,42 | 93,41 | 93,41 | 93,41 | —0,01 | +219 |
| Nr 3 | 1. pomiary | 111,40 | 111,40 | 111,40 | 111,39 | 111,39 | 111,39 | —0,01 | +183 |
| Nr 4 | 1. pomiary | 141,23 | 141,23 | 141,22 | 141,18 | 141,19 | 141,18 | —0,04 | +582 |
| Nr 1 | 2. pomiary | 76,20 | 76,20 | 76,20 | 76,22 | 76,23 | 76,22 | +0,02 | —525 |
| Nr 2 | 2. pomiary | 93,47 | 93,46 | 93,47 | 93,47 | 93,47 | 93,47 | 0 | 0 |
| Nr 3 | 2. pomiary | 111,52 | 111,52 | 111,51 | 111,50 | 111,50 | 111,50 | —0,0[illegible] | +365 |
| Nr 4 | 2. pomiary | 141,33 | 141,33 | 141,33 | 141,29 | 141,29 | 141,30 | —0,04 | +582 |
| **Rura Nr. 5. (przez wytwarzanie ciśnienia hydraulicznego)** | | | | | | | | | |
| Nr. 1 | 1. pomiary | 75,87 | 75,88 | 75,88 | 75,90 | 75,91 | 75,91 | +0,03 | —812 |
| Nr. 2 | 1. pomiary | 93,33 | 93,33 | 93,33 | 93,35 | 93,35 | 93,35 | +0,02 | —440 |
| Nr. 3 | 1. pomiary | 111,45 | 111,45 | 111,45 | 111,46 | 111,46 | 111,46 | +0,01 | —185 |
| Nr. 4 | 1. pomiary | 141,19 | 141,18 | 141,18 | 141,14 | 141,14 | 141,13 | —0,05 | +730 |
| Nr. 1 | 2. pomiary | 75,90 | 75,90 | 75,90 | 75,92 | 75,92 | 75,92 | +0,02 | —540 |
| Nr. 2 | 2. pomiary | 93,34 | 93,34 | 93,34 | 93,32 | 93,32 | 93,32 | —0,02 | +440 |
| Nr. 3 | 2. pomiary | 110,85 | 110,85 | 110,85 | 110,87 | 110,87 | 110,87 | +0,02 | —370 |
| Nr. 4 | 2. pomiary | 129,08 | 129,08 | 129,08 | 129,03 | 129,03 | 129,03 | —0,05 | +730 |
| **Rura Nr. 7 (przez wytwarzanie ciśnienia hydraulicznego)** | | | | | | | | | |
| Nr. 1 | 1. pomiary | 75,65 | 75,65 | 75,65 | 75,72 | 75,72 | 75,72 | +0,07 | —1900 |
| Nr. 2 | 1. pomiary | 105,17 | 105,17 | 105,16 | 105,14 | 105,14 | 105,14 | —0,03 | + 585 |
| Nr. 3 | 1. pomiary | 123,30 | 123,29 | 123,29 | 123,21 | 123,21 | 123,20 | —0,09 | +1500 |
| Nr. 4 | 1. pomiary | 141,09 | 141,09 | 141,09 | 140,92 | 140,92 | 141,91 | —0,14 | +2030 |
| Nr. 1 | 2. pomiary | 75,82 | 75,82 | 75,82 | 75,87 | 75,87 | 75,87 | +0,05 | —1355 |
| Nr. 2 | 2. pomiary | 93,87 | 93,87 | 93,87 | 93,88 | 93,88 | 93,88 | +0,01 | — 218 |
| Nr. 3 | 2. pomiary | 111,25 | 111,25 | 111,25 | 111,19 | 111,19 | 111,19 | —0,06 | +1110 |
| Nr. 4 | 2. pomiary | 140,92 | 140,92 | 140,91 | 140,80 | 140,80 | 140,80 | —0,12 | +1740 |

jące i zgniatające na całej powierzchni i nie daje podstawy do dalszych uwag.

Wykresy naprężeń dla obu rur ze stali węglistej, a mianowicie Nr. 4 samowzmocnionej przez przeciąganie dornia i Nr. 5 samowzmocnionej przez wytwarzanie wewnątrz jej ciśnienia hydraulicznego, wykazują wyraźnie różnice przy porównaniu z naprężeniami obliczonemi. Doświadczenia wykazały w obu rurach tylko małe wartości naprężeń.

Naprężenia styczne na zewnętrznej powierzchni, skonstatowane niezwłocznie po samowzmocnieniu w rurze Nr. 5 i zgadzające się zasadniczo z obliczonemi (porównaj tablice Nr. 5 i Nr. 6), nie zostały w żadnym wypadku nawet w przybliżeniu osiągnięte. Pomiar sprężynowania pierścieniowego był przeprowadzony dla każdej rury w dwóch płaszczyznach pomiarowych, tak, że każda podana wartość naprężenia pierścieniowego jest średnią z sześciu pomiarów.

Pomiędzy próbą samowzmacniania rur Nr. 2, 4, 5 i 7, a skonstatowaniem zmiany tworzywa upłynął okres około sześciu miesięcy. Można więc przypuścić, opierając się na doświadczeniach nad starzeniem się metali obrobionych na zimno, że w tym okresie czasu, o ile takie starzenie zachodzi — dokonało się ono w zupełności. Nie było możliwem studjować również dokładnie zjawiska starzenia się, ponieważ z jednej strony w czasie przeprowadzania tych prób, doświadczenia nad dopuszczalnością stosowania prób pierścieniowych były jeszcze w stadjum początkowem, a z drugiej strony nie było wogóle możności pobierania dalszych próbek z tych części rur, które były przeznaczone do badań materjału. Jedynie tylko przy rurze Nr. 3, z którą trochę później przeprowadzono doświadczenia, można było w skromnym zakresie uwzględnić wpływ sztucznego starzenia się materjału.

Zmiany, powstające w materjale po dłuższem starzeniu, uwidaczniają się w zwiększeniu wytrzymałości i obniżeniu zdolności do odkształcania się. Te objawy starzenia się zauważono w stalach miękkich, stalach węglistych średniotwardych i w innych stopach, natomiast w stalach stopowych są one ledwie dostrzegalne.

Starzenie rur można wywołać tak magazynowaniem, jak też i działaniem termicznem przy 250°. W literaturze są wskazane dane odnoszące się do zmiany materjałów wskutek starzenia się; natomiast co do zmian naprężeń można znaleźć tylko ogólnikowe wskazania. Według wskazanych tu doświadczeń, w rurach wykonanych ze stali nie-

stopowej zaszły w przeciągu 6-cio miesięcznego magazynowania zmiany w naprężeniach. Mała ilość przeprowadzonych doświadczeń nie może jednak dać podstawy do ścisłej oceny.

## IV. WPŁYW OPERACJI SAMOWZMACNIANIA NA MECHANICZNE WŁAŚCIWOŚCI RURY.

Wobec tego, że operacja samowzmacniania rury, jak to widzieliśmy poprzednio, ma na celu podwyższenie jej wytrzymałości poprzecznej, innemi słowy, jej mocy sprężystej na ciśnienie wewnętrzne, oznaczenie mechanicznych właściwości w kierunku stycznym przedstawia tu przedmiot szczególnego zainteresowania.

H. Klein w swoim artykule „Untersuchungen an kaltgereckten, dickwandingen Rohren unter besonderer Berücksichtigung der Veränderungen der Werkstoffeingenschaften"[25]) podkreśla, że ponieważ w procesie samowzmacniania odkształcenia występują w poszczególnych warstwach koncentrycznych rury, zwykłe próbki na rozciąganie nie dałyby jasnego obrazu zmiany tworzywa rury; musiałyby one bowiem z konieczności jako próbki poprzeczne, nawet przy najmniejszych wymiarach, wobec stosunkowo nieznacznych wymiarów ścian rury, obejmować rozmaite warstwy, licząc od wewnętrznej ku zewnętrznej powierzchni rury; z tego też powodu w swych badaniach zmian w tworzywie rur roztłaczanych na zimno zamiast zwykłych próbek o kształcie sztabki stosuje on *próbki pierścieniowe.*

Te próbki pierścieniowe pobrane były w jednym i tym samym przekroju, posiadały jednak cztery różne wielkości pod względem średnicy.

H. Klein zaznacza, że gdyby się udało otrzymać zależność pomiędzy wynikami otrzymanemi przy zastosowaniu próbek pierścieniowych a normalnym sposobem używanym przy próbach na rozciąganie, to w takim wypadku ta nowa próba nabrałaby specjalnego znaczenia.

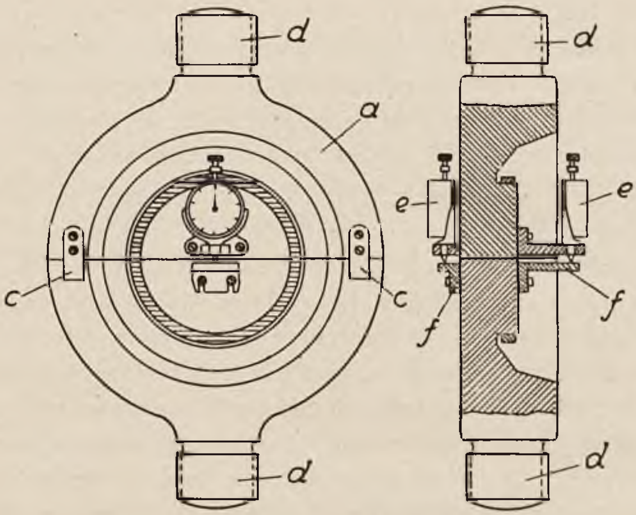
Próby przeprowadzono z pierścieniami o grubości 5 mm; grubość tę tak obrano, aby stosunek pomiędzy grubością i wysokością pierścienia wynosił od $^1/_7$ do $^1/_8$.

Pierścienie były dopasowane dokładnie do tarczy dwudzielnego uchwytu (rys. 13).

---

[25]) Mitteilungen aus dem Kaiser-Wilhelm-Institut für Eisenforschung zu Düsseldorf. Band XI Lieferung 20, str. 341.

Uchwyt przytrzymywany przez pierścień *r* posiadał na łebkach *d* nagwintowanie, tak, iż całe urządzenie mogło być wstawione w zaciski maszyny rozrywającej. Obie połowy uchwytu były zaopatrzone w płytki prowadnicze *c*. Próbkę pierścieniową nasuwano zprzodu aż do zetknięcia się z trzema śrubami znaczącemi odległość i rozstawionemi o 120°. W ten sposób było zapewnione jednakowe położenie dla wszystkich pierścieni o jednakowej średnicy.




Rys 13.

Uchwyty były tak mocno skonstruowane, że nie mogły się odkształcać przy rozrywaniu próbki, co dawało możność ustalania zmiany kształtu próbki przy pomocy czujników zegarowych, umocowanych na uchwycie. Czujniki zegarowe były umieszczone po obu stronach próbki w równej odległości, tak, ażeby nierówność wskazań spowodowana mimośrodowem zamocowaniem uchwytu była wyrównana.

Podkładka *f* czujnika zegarowego dawała się przesuwać w razie wyczerpania całej skali czujnika. W ten sposób można było przeprowadzać pomiary aż do rozerwania pierścienia. Ponieważ próbowano 4 pierścienie rozmaitych wymiarów, koniecznem było również sporządzenie takiej samej ilości uchwytów. Próbki pierścieniowe były obrobione według skali pasowania dokładnego (Feinschlichtpassung).

Luz, pozostający wskutek tolerancji pasowań, powoduje powsta-

nie małych natężeń zginających w średnicy poziomej pierścienia i przybliżone obliczenie tych naprężeń było przeprowadzone według A. Föppla [26]).

[26]) A. Föppl: „Vorlesungen über technische Mechanik" Verlag B. G. Teubner. Bd. 3. Festigkeitslehre, X Aufl. §, 43 s. 220.

Do obliczenia pierścienia natężonego w sposób podany na rys. 15 mamy równanie na moment $M_0$ w płaszczyźnie średnicy poziomej:

$$M_0 = \left(\frac{PR\pi}{4} - \frac{PR}{2}\right)\frac{2}{\pi} = \frac{\pi - 2}{2\pi} PR = 0{,}182\, PR$$

Miara zmniejszenia się średnicy poziomej określa się następującem równaniem:

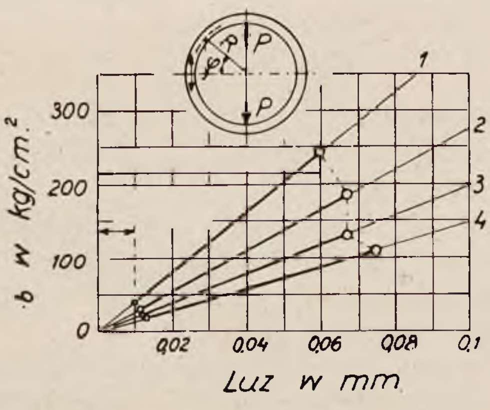
$$\Delta d = \frac{PR^3}{MJ} \, \frac{4 - \pi}{2\pi}$$

gdzie $M$ oznacza moduł sprężystości, a $J$ — moment bezwładności.

Związek pomiędzy naprężeniem zginającem $\sigma_b$ i zmianą średnicy $\Delta d$ podaje równanie

$$\sigma_b = 0{,}663 \, \frac{M \, . \, 2}{R^2} \, \Delta d$$

Naprężenie wstępne dla poszczególnych wielkości pierścieni w zależności od luzu między pierścieniem a uchwytem podane są na rys. 15. Naprężenia zginają-

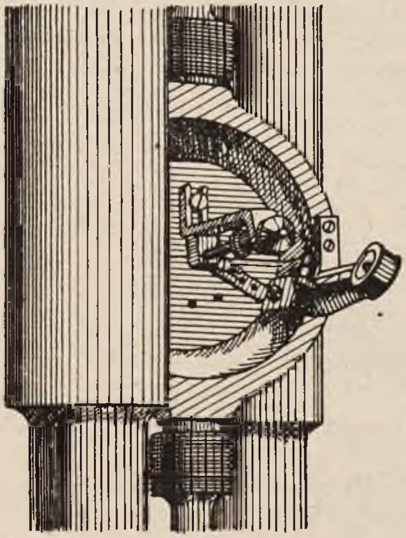



Rys. 15

ce maleją ze wzrostem średnicy, t. j. ze zwiększeniem pierścienia. Obliczenie tego naprężenia zginającego w zastosowaniu do próby pierścieniowej należy uważać tylko jako przybliżone, ponieważ w miarę rozciągania pierścienia, pierścień obejmuje coraz większy wycinek uchwytu, a tem samem zmienia się punkt zaczepienia siły; powoduje to zmniejszenie początkowego momentu a zarazem zmniejszenie naprężenia wstępnego.

Możnaby uniknąć luzu pomiędzy pierścieniem a uchwytem, wykonując lekko stożkowaty uchwyt i pierścień z otworem stożkowym o tej samej zbieżności. Jednak wykonanie takich próbek pierścieniowych napotyka na trudności ze względu na skomplikowaną obróbkę.

W obrębie granicy sprężystości, naprężenia powstające w pierścieniu wskutek obciążenia można wypośrodkować przy pomocy pomiarów na obwodzie tensometrem Huggenberger'a [27]). Sposób ustawie-



*Rys. 14.*

nia tensometru uwidoczniony jest na rys. 14. Jest on przyciskany przy pomocy odpowiedniego urządzenia do pierścienia i utrzymywany w pozycji poziomej.

Przycisk jest tak skonstruowany, że nadaje się do wszystkich wielkości pierścienia. Wyniki pomiarów pierścienia o wymiarach Nr. 3 ze stali chromo-niklowej uszlachetnionej w stanie lekko natłuszczonym i suchym są podane na rys. 16.

Na rys. 16 są wykazane w kierunku promienia naprężenia styczne, obliczone z wydłużenia przy stałem obciążeniu 3000 kg; obciążenie to zmniejszono o 300 kg, odpowiadające obciążeniu wstępnemu. Promienie wychodzące ze środka charakteryzują położenia tensometra przy oznaczaniu naprężeń.

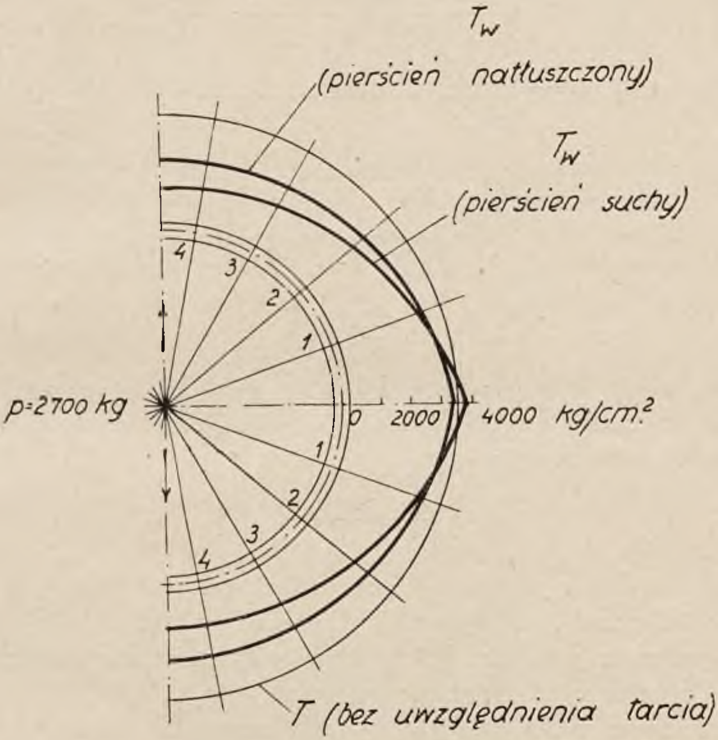
Krzywe $T_w$ podają średnią wartość z czterech kwadrantów.

Widzimy, że przy pierścieniu natłuszczonym następuje zmniejszenie naprężenia w górnym przekroju w średnicy poziomej; różnica ta wynosi ok. 40%. Zasługuje również na uwagę różnica w rozmie-

---

[27]) Patrz Mitt. K.-W.Inst. Eisenforsch 9 (1927) S. 296. Abb. 1.

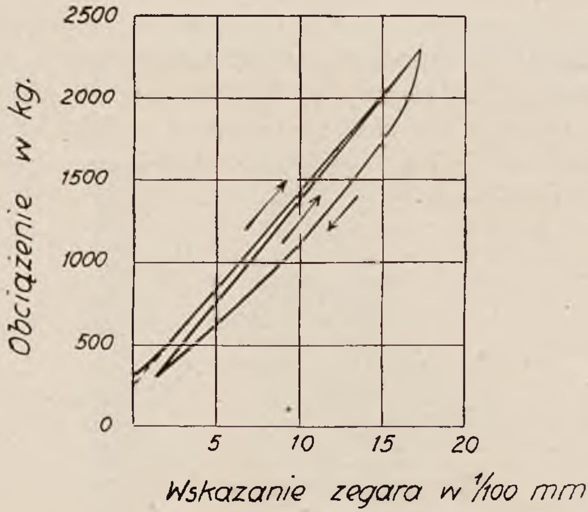
szczeniu naprężeń w pierścieniu natłuszczonym i pierścieniu suchym. W górnym przekroju naprężenie w pierścieniu suchym jest znacznie mniejsze, aniżeli w natłuszczonym. Ważnem jest też dla obu prób, że w przekroju średnicy poziomej naprężenie $T = 3440$ kg/cm², obliczone ze wskazań maszyny rozrywającej, zgadza się względnie dobrze ze wskazaniem tensometru.




Rys. 16

Krzywe wskazań czujników zegarowych przy próbach pierścieniowych w granicach, w których dana stal zachowuje swoje cechy sprężyste, dają wyraźną krzywą histerezy, uwidocznioną na rys. 17.

Ciekawy jest stosunek prostolinijny pomiędzy obciążeniem a wskazaniem czujnika. Po odciążeniu pozostaje małe odkształcenie, trochę większe od 0,01 mm. Należy zwrócić uwagę na to, że po każdorazowem wtórnem obciążeniu wstępna linja prosta styka się z poprzednią w punkcie, odpowiadającym maksymalnemu obciążeniu.




Rys. 17.

Zgadza się to z tem zjawiskiem, że pierścień po pierwszem obciążeniu w maszynie rozrywającej nieco rozciągnął się i zowalizował się o kilka setnych milimetra.

---

Przy próbach porównawczych próbek na rozrywanie w formie sztabek i pierścieni użyto pierścieni czterech wielkości, odpowiadających wymiarami próbkom, które miały być pobierane z rur próbnych. Użyto do tego dwóch płyt o wymiarach 370 × 170 × 70 ze stali chromoniklowej i stali węglistej uszlachetnionej St. C. 45.61. Jest to materjał, który był wzięty też na rury próbne.

Wymiary próbek pierścieniowych są podane w tab. 8.

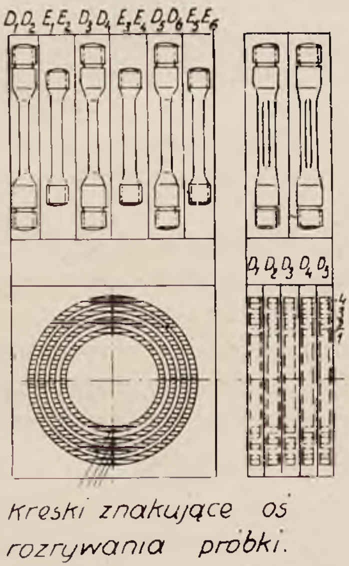
Z połowy każdej płyty wycięto po 5 próbek rozmaitej wielkości, jak to jest uwidocznione na rys. 18; z drugiej połowy płyty do porównania z temi próbkami pierścieniowemi wycięto 6 krótkich okrągłych sztabek o średnicy 10 mm i 50 mm długości pomiarowej — oraz 6 próbek z wcięciem podłużnem (przekrój paska równy przekrojowi pierścienia).

Obrano próbkę z wcięciem podłużnem, ażeby zbadać ewentualny wpływ kształtu przekroju próbki pierścieniowej na wytrzymałość. Należało oczekiwać, że przy obranym czworokątnym przekroju obu ramion paska wciętego, przy którym stosunek szerokości do wysoko-

Tabl. 8.

| Próbki | Średnica wewnętrz. mm. | Średnica zewnętrz. mm. | Wysokość pierścienia mm. | Szerokość pierścienia mm. |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 77 | 87 | 5 | 8 |
| 2 | 94 | 104 | 5 | 8 |
| 3 | 112 | 122 | 5 | 8 |
| 4 | 130 | 140 | 5 | 8 |

ści leży znacznie poniżej 2, — wartości wytrzymałości jak również i granica podatności na rozciąganie będą się różniły od wartości otrzymanych przy sztabkach okrągłych. Porównanie wyników pomiarów obu kształtów próbek i obu gatunków stali (patrz tab. 9) nie



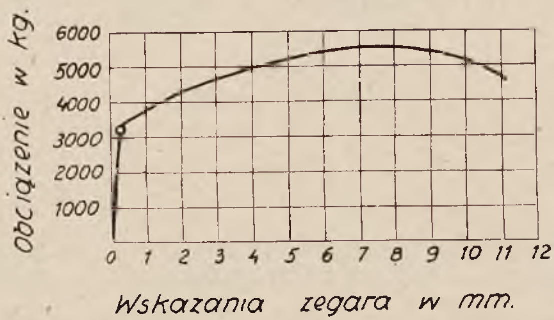

Rys. 18.

wykazuje prawidłowych różnic w wytrzymałości na rozrywanie i w granicy podatności na rozciąganie. Natomiast przydłużenie i przewężenie (są one podane jako średnia obu ramion) wykazują znacznie mniejsze wartości dla próbek wciętych w kierunku podłużnym niż dla próbek okrągłych.

Tabl. 9.

| Materjał | Okrągłe sztabki | | | | | Sztabki z wcięciem podłużnem | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Oznaka | granica podatności kg/mm² | wytrzymałość kg/mm² | przydłużenie % | przewężenie % | Oznaka | granica podatności kg/mm² | wytrzymałość kg/mm² | przydłużenie % | przewężenie % |
| Stal C. 45.61 | $E_1$ | 43,5 | 70,0 | 26,8 | 60,8 | $D_1$ | 46,0 | 72,0 | 15,2 | 53,8 |
| | $E_2$ | 41,8 | 70,3 | 23,7 | 56,4 | $D_2$ | 46,0 | 72,0 | 18,6 | 58,2 |
| | $E_3$ | 44,0 | 70,7 | 27,6 | 60 | $D_3$ | 43,1 | 70,0 | 16,3 | 53,8 |
| | $E_4$ | 40,8 | 69 | 22 | 52,9 | $D_4$ | 39,7 | 68,2 | 20,9 | 51,8 |
| | $E_5$ | 46,8 | 71,3 | 25 | 61,4 | $D_5$ | 44,8 | 72,2 | 19,5 | 57,3 |
| | $E_6$ | 45,5 | *) | 25 | 62,5 | $D_6$ | 41,6 | 70,3 | 19 | 51,9 |
| | średn. | 43,7 | 70,2 | 25,0 | 59,0 | średn. | 43,5 | 70,8 | 18,2 | 54,4 |
| Stal — *Ni* — *Cr* | $RE_1$ | 52,0 | 68,5 | 21,1 | 63 | $RD_1$ | 52,5 | 67,2 | 14,3 | 59,0 |
| | $RE_2$ | 53,8 | 70,3 | 19,5 | 62,7 | $RD_2$ | 52,2 | 67,6 | 14,3 | 54,0 |
| | $RE_3$ | 52,8 | 68,5 | 21 | 63,4 | $RD_3$ | 52,6 | 67,8 | 15 | 57,4 |
| | $RE_4$ | 52,0 | 67,7 | 23,9 | 61,2 | $RD_4$ | 52,2 | 68 | 16 | 57,1 |
| | $RE_5$ | 53,5 | 69,5 | 18,8 | 64,9 | $RD_5$ | 53,9 | 69,8 | 16,7 | 53,3 |
| | $RE_6$ | 54,2 | *) | 20,7 | 65,3 | $RD_6$ | 53,0 | 69,1 | 19,7 | 56,7 |
| | średn. | 53,1 | 68,9 | 20,8 | 63,4 | średn. | 52,7 | 68,2 | 16,0 | 56,2 |

Różnice w przydłużeniu tłumaczy się tem, że próbki wcięte posiadają podwójną długość pomiarową w porównaniu z próbkami okrągłemi, gdyż każde ramię ma tylko połowę przekroju próbki okrągłej. Małe wartości przewężenia są spowodowane kształtem prostokątnym przekroju. Wykres przedstawiający przebieg wydłużenia w zależności od obciążenia próbki pierścieniowej (rys. 19) nie różni się



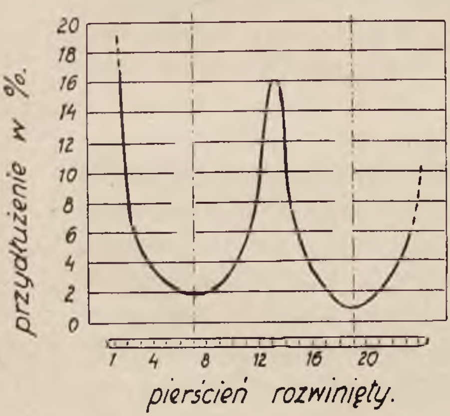

Rys. 19.

zasadniczo od wykresu normalnej próbki w postaci sztabki podczas prób na rozerwanie.

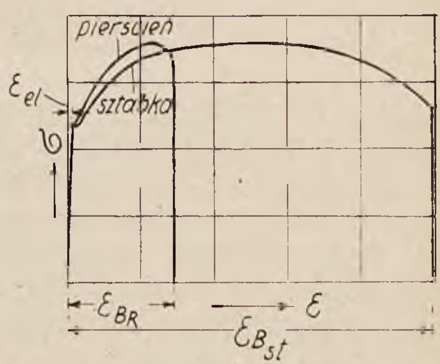
Początkowa linijna zależność pomiędzy obciążeniem a wydłużeniem, tak jak przy prostej Hooke'a, odnoszącej się do próbki o postaci sztabki ustaje w punkcie *z*, w którym zaczyna się płynność materjału. Z tego wyprowadzamy porównanie pomiędzy tym wykresem a wykresem normalnej próbki o postaci sztabki.

Z rozkładu naprężeń w próbce pierścieniowej na rys. 16 widzimy, że tworzywo staje się *plastyczne* najpierw w przekroju leżącym w średnicy poziomej i stąd *plastyczność* rozprzestrzenia się na sąsiednie przekroje. Przewidywanie to potwierdziło się przy pomiarach rozrywanych pierścieni, które przed próbą były zaopatrzone w odpowiednie ryski. Stwierdzone przy tem przydłużenia są uwidocznione na rys. 20.

Że przy próbkach pierścieniowych *plastyczność* rozpoczyna się w pewnych częściach pierścienia, co widzimy z rys. 21, na którym




Rys. 20.




Rys. 21.

jest uwidoczniona różnica przebiegu naprężeń i przydłużeń w próbce pierścieniowej i w próbce o kształcie sztabki. Wykresy te odnoszą się do granicy podatności dla stali St. C. 45. 61.

Przy próbkach pierścieniowych, jak to widać z rys. 21, — zaciera się granica podatności, co się tłumaczy tem, że poszczególne elementy pierścienia wkraczają w granicę podatności przy rozmaitych naprężeniach. Nasuwał się samo przez się wniosek, aby przyjąć zagięcie od wykresu próbki pierścieniowej, jako granicę podatności. Dla stali niewykazujących przy stałem obciążeniu momentu przejścia do stanu po-

datności, dla których przejście z obrębu sprężystości w obszar podatności następuje w sposób ciągły, nie jest możliwa taka definicja granicy podatności. Propozycja ustalenia przy takich materjałach jako granicy podatności tego miejsca w wykresie naprężeń i przydłużeń, w którem rozpoczyna się zakrzywienie natrafia na trudność głównie z powodu niemożności dokładnego zastosowania w praktyce.

Ażeby otrzymać dla próbki pierścieniowej wykres naprężeń i przydłużeń, wprowadzono naprzód urojoną długość pomiarową $S_f$ którą można obliczyć w obrębie granicy sprężystości przy znanym module sprężystości tworzywa z równania pierwszego stopnia

$$S_f = \frac{M}{\sigma} \Delta S = K_1 d_m$$

gdzie $d_m$ oznacza średnią średnicę pierścienia, $\Delta S$ — luz pomiędzy obu połowami uchwytu, a $\sigma$ — naprężenie, odpowiadające tej zmianie kształtu pierścienia.

Urojone elastyczne przydłużenie wynika ogólnie z równania

$$\mathcal{E} = \frac{\Delta S}{K_1 d_m}$$

W wykresie urojonych naprężeń i przydłużeń pokrywa się wtedy prosta, przedstawiająca przydłużenie w obrębie stanu sprężystości próbki pierścieniowej z takąż prostą dla normalnej próbki w kształcie sztabki, jak to jest zresztą uwidocznione na rys. 21. Rys. 21 przedstawia 2 oddzielne wykresy na rozrywanie przy zastosowaniu obu sposobów i próbek ze stali St. C. 45. 61, sprowadzone do tego samego układu spółrzędnych. Wstępne próby wykazały, że wartość współczynnika $K_1$ jest zmienna dla rozmaitych wielkości pierścienia (patrz tab. 10).

Różnica ta tłumaczy się tem, że nie została tu dostatecznie zachowana zasada podobieństwa. Współczynnik $K_1$ pozostałby stałym, gdyby przekroje pierścieni w odniesieniu do średnicy tak były zmieniane, ażeby przy wszystkich wielkościach pierścieni były zachowane te same warunki.

W tab. 11 są podane wyniki doświadczeń z próbkami pierścieniowemi.

Porównanie ostateczne średnich wartości z wartościami podanemi w tab. 9 dla próbek o kształcie okrągłej sztabki wskazuje, że wartości wytrzymałości na rozciąganie są prawie równe dla próbek pierścieniowych i próbek w kształcie sztabki. Również zgadzają się war-

Tabl. 10.

| Pierścienie | $K_1$ | |
|---|---|---|
| | Średnica wewnętrzna | Średnica pośrednia |
| 1 | 1,85 | 1,74 |
| 2 | 1,73 | 1,64 |
| 3 | 1,65 | 1,58 |
| 4 | 1,60 | 1,54 |

tości stosunku pomiędzy przydłużeniem przy rozerwaniu próbek pierścieniowych i próbek w kształcie sztabki i to dla obu gatunków stali.

Ten stosunek przydłużenia przy rozrywaniu próbek w kształcie okrągłej sztabki (tab. 9) i próbek pierścieniowych (tab. 11)

$$\frac{\mathcal{E}_{B_{st}}}{\mathcal{E}_{B_R}} = K_2 \backsim \text{Const.}$$

wynosi średnio 3,36 dla stali „Din" i 3,46 dla stali użytej do wyrobu rur. Średnia dla obu gatunków stali wynosi 3,41. Jeżeli pomnożymy przydłużenia próbki pierścieniowej w obrębie stanu podatności przez stałą $K_2$, to otrzymamy w ten sposób nowy zmieniony wykres dla próbki pierścieniowej, który pokrywa się prawie w zupełności z wykresem dla próbki w kształcie sztabki okrągłej. Powstaje przytem mały błąd z tego powodu, że stała $K_2$, przez którą się mnoży przydłużenie próbki pierścieniowej, przedstawia stosunek całkowitego urojonego przydłużenia próbki pierścieniowej do przydłużenia próbki w kształcie sztabki, — przydłużenia te zaś składają się z przydłużenia sprężystego i plastycznego. Słusznie byłoby natomiast ograniczyć zastosowanie współczynnika $K_2$ do zakresu stanu podatności. W celu uproszczenia nie zwracano na to uwagi przy wymierzaniu próbek pierścieniowych, tem bardziej, że przy ustalaniu granicy podatności brano ten błąd pod uwagę.

Zwykle określamy jako granicę podatności na rozciąganie próbki w kształcie sztabki tę chwilę, gdy odkształcenie osiągnie wartość $\Delta\mathcal{E}_{st} = 0{,}2\%$.

Tak samo można też wyprowadzić wniosek, że stosunek

$$\Delta\mathcal{E}_{st} : \Delta\mathcal{E}_R = \mathcal{E}_{B_{st}} : \mathcal{E}_{B_R} = K_2$$

określa wielkość przydłużenia służącego do obliczenia granicy podatności próbki pierścieniowej $\Delta\mathcal{E}_R$.

Wtedy:

$$\Delta\mathcal{E}_R = \Delta\mathcal{E}_{st} : K_2$$

Tablica 11.

| Stal C. 45,61 | | | | | Stal Ni-Cr. | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Prób pierścieniowe | | granica podatności kg/mm² | wytrzymałość kg/mm² | Przydłużenie % | Próbki pierścieniowe | | granica podatności kg/mm² | wytrzymałość kg/mm² | Przydłużenie % |
| pierścień 1 | | | | Sf=1,74 dm | pierścień 1 | | | | Sf=1,74 dm |
| | $D_1$ | 44,0 | 71,5 | 7,52 | | $R_1$ | 51,2 | 67,7 | 7,45 |
| | $D_2$ | 41,2 | 70,8 | 6,77 | | $R_2$ | 51,0 | 68,1 | 6,32 |
| | $D_3$ | 40,1 | 70,2 | 7,91 | | $R_3$ | 50,4 | 69,1 | 6,32 |
| | $D_4$ | 40,6 | 70,6 | 7,95 | | $R_4$ | 51,0 | 67,8 | 6,31 |
| | $D_5$ | 42,5 | 70,9 | 7,78 | | $R_5$ | 50,0 | 67,7 | 7,31 |
| | $D_{1-5}$ | 41,50 | 70,80 | 7,60 | | $R_{1-5}$ | 50,70 | 68,10 | 6,75 |
| pierścień 2 | | | | Sf=1,64 dm | pierścień 2 | | | | Sf=1,64 dm |
| | $D_1$ | 44,2 | 72,6 | 7,52 | | $R_1$ | 51,6 | 69,6 | 5,56 |
| | $D_2$ | 43,0 | 70,8 | 8,0 | | $R_2$ | 51,1 | 68,9 | 6,82 |
| | $D_3$ | 41,0 | 70,4 | 6,45 | | $R_3$ | 51,1 | 69,4 | 6,4 |
| | $D_4$ | 41,5 | 70,8 | 7,7 | | $R_4$ | 50,8 | 68,0 | 5,8 |
| | $D_5$ | 43,5 | 71,1 | 8,62 | | $R_5$ | 50,9 | 69,2 | 7,28 |
| | $D_{1-5}$ | 42,65 | 71,15 | 7,65 | | $R_{1-5}$ | 51,10 | 69,00 | 6,35 |
| pierścień 3 | | | | Sf=1,58 dm | pierścień 3 | | | | Sf=1,58 dm |
| | $D_1$ | 44,0 | 71,6 | 7,16 | | $R_1$ | 52,4 | 69,6 | 5,4 |
| | $D_2$ | 42,2 | 71,5 | 7,16 | | $R_2$ | 52,4 | 69,1 | 5,69 |
| | $D_3$ | 42,6 | 72,0 | 7,48 | | $R_3$ | 53,3 | 69,4 | 5,95 |
| | $D_4$ | 42,2 | 71,8 | 7,72 | | $R_4$ | 52,2 | 70,5 | 5,73 |
| | $D_5$ | 44,0 | 71,5 | 8,03 | | $R_5$ | 53,6 | 70,3 | 5,93 |
| | $D_{1-5}$ | 43,00 | 71,70 | 7,50 | | $R_{1-5}$ | 52,8 | 69,8 | 5,75 |
| pierścień 4 | | | | Sf=1,54 dm | pierścień 4 | | | | Sf=1,54 dm |
| | $D_1$ | 46,2 | 72,5 | 7,2 | | $R_1$ | 53,2 | 70,5 | 5,17 |
| | $D_2$ | 45,0 | 72,5 | 6,86 | | $R_2$ | 53,0 | 69,2 | 5,29 |
| | $D_3$ | 44,5 | 72,5 | 7,46 | | $R_3$ | 53,2 | 69,5 | 5,05 |
| | $D_4$ | 43,9 | 73,1 | 7,15 | | $R_4$ | 52,2 | 70,6 | 5,48 |
| | $D_5$ | 43,2 | 70,8 | 6,7 | | $R_5$ | 52,1 | *) | *) |
| | $D_{1-5}$ | 44,55 | 72,30 | 7,05 | | $R_{1-5}$ | 52,75 | 70,00 | 5,25 |
| Średnia | | | | | | | | | |
| $D_{1-5}$ pierścienie 1-4 | | 42,98 | 71,49 | 7,45 | $R_{1-5}$ pierścienia 1-4 | | 51,84 | 69,23 | 6,025 |

Przytem przyjmuje się, jako założenie, że współczynnik $K_2$ dla wszystkich gatunków stali posiada stosunkowo stałą wartość [28]).

Według tego, oraz w związku z poprzedniemi wywodami miara przydłużenia $\Delta\mathcal{E}_R$, określająca granicę podatności na rozciąganie przy próbkach pierścieniowych równa się — 0,0585% odkształcenia pozostałego. Zaznaczono już, że ta wartość jest nieco za wielka, gdyż zniekształcenia wykresu: „naprężenie — przydłużenie" odnosi się tylko do części wykresu, odpowiadającej stanowi plastycznemu tworzywa, a ze względu na uproszczenie przy oznaczaniu współczynnika $K_2$ włączono przy obliczeniu również i strefę odnoszącą się do odkształcenia sprężystego $\mathcal{E}_{el}$. Dla użytych tworzyw błąd ten leży w granicach 0,0025 i 0,0035%, przyczem dla stali „Din" otrzymuje się wartości mniejsze, ponieważ w rzeczywistości posiada ona większe przydłużenie.

Błąd ten można w przybliżeniu uwzględnić, jeżeli jako miarę przydłużenia służącą do oznaczenia granicy podatności na rozciąganie przy próbkach pierścieniowyh przyjmiemy

$$\Delta\mathcal{E}_R = 0{,}055\%$$

z tego wypada

$$K_2 = 3{,}64$$

Obliczone w ten sposób wartości granicy podatności na rozciąganie są dla obu tworzyw i rozmaitych wielkości pierścieni podane w tab. 11, a w tab. 12 są one zestawione w porównaniu ze średniemi wartościami dla próbek w formie okrągłych sztabek i próbek posiadających podłużne wcięcie.

Porównywując odchylenia wartości granicy podatności dla rozmaitych wielkości pierścieni od wartości w kształcie sztabki okrągłej (tab. 12) z naprężeniami przy zginaniu, podanemi poprzednio w odnośniku, dojdziemy do przekonania, że te odchylenia mogą być spowodowane przez luz pomiędzy uchwytami i próbką pierścieniową.

Przy doświadczeniach nad zmianą tworzywa w rurach samowzmacnianych, opisanych poniżej, wartości granicy podatności są poprawione w tem znaczeniu, że odchylenia podane w rubryce 6 tab. 12,

---

[28]) Temu sposobowi oznaczania granicy podatności przy próbkach pierścieniowych można zarzucić to, że nie daje on zupełnie pewnych wartości w zastosowaniu do tworzyw o wyraźnej granicy podatności. Będą one bowiem leżały zawsze poniżej wyraźnego załomu w wykresie: „naprężenie—przydłużenie". Jest jednak wskazane zastosować miarę przydłużenia $\Delta\mathcal{E}_R$ także i do tych tworzyw, ponieważ błąd wynosił przy porównaniu z wykresem, otrzymanym przy rozrywaniu nie więcej jak 1%. Mitt. K.-W.-Inst. Eisenforsch. B. XI. L. 20. 1929 r.

Tabl. 12.

| Materjał | Granica podatności dla sztabek okrągłych (średnia) kg/mm² | Granica podatności dla sztabek z wcięciem podłużnem (średnia) kg/mm² | Granica podatności dla próbek pierścieniowych $D_1 + D_5$ (średnia) kg/mm² | Wartość | Odchylenia wartości granicy sprężystości próbek pierścieniowych od sztabek okrągłych kg/mm² |
|---|---|---|---|---|---|
| Stal *C* 45.61 | 43,7 + 3,0 − 2,9 | 43,5 + 2,4 − 3,8 | 41,50 + 2,3 − 1,5 | 1 | − 2,2 |
| | | | 42,6 + 1,5 − 1,6 | 2 | − 1,1 |
| | | | 43,0 + 1,0 − 0,8 | 3 | − 0,7 |
| | | | 44,5 + 1,6 − 1,3 | 4 | + 0,8 |
| Stal — *Ni* — *Cr* | 53,1 + 1,1 − 1,1 | 52,7 + 1,2 − 0,5 | 50,7 + 0,5 − 0,5 | 1 | − 2,4 |
| | | | 51,1 + 0,5 − 0,3 | 2 | − 2,0 |
| | | | 52,8 + 0,8 − 0,6 | 3 | − 0,3 |
| | | | 52,7 + 0,4 − 0,2 | 4 | − 0,3 |

stanowiące średnią wartości dla obu tworzyw, zostały uwzględnione w poprawkach [29]).

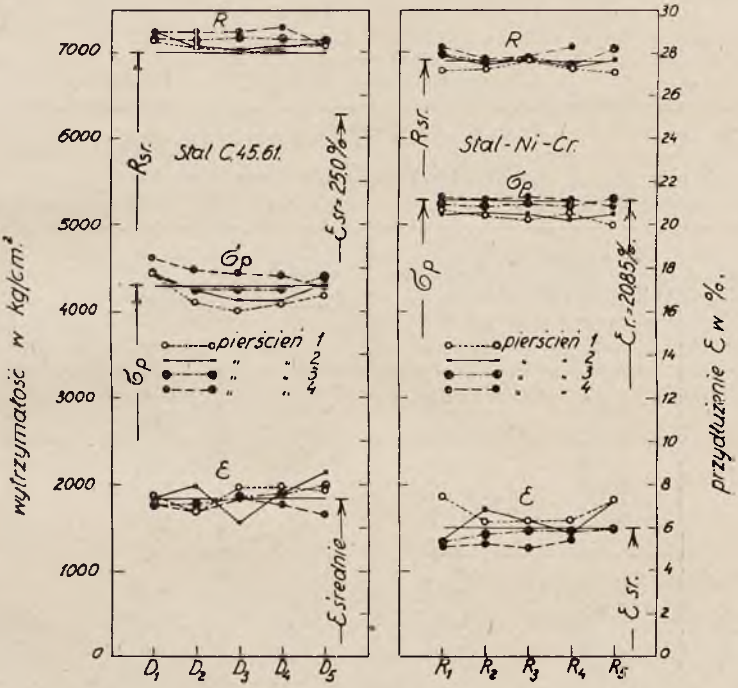
Wartości wytrzymałości próbek pierścieniowych podane w tab. 11. są uwidocznione na wykresie rys. 22.

Na rys. 22 z boku wykresów dla próbek pierścieniowych są zaznaczone grubemi krótkiemi kreskami wartości wytrzymałości dla próbek o kształcie okrągłych sztabek. W ogólności można zauważyć, że rozsiew granicy podatności dla stali stopowej jest mniejszy, niż dla stali „Din'. W wartościach wytrzymałości na rozerwanie i złamanie niema wyraźnych różnic w odchyleniach. Natomiast wartości granicy podatności przy próbkach $D_2$ do $D_4$ ze stali „Din" wykazują wyraźnie różnice w porównaniu z próbkami $D_1$ i $D_5$ leżącemi bezpośrednio na powierzchniach rury; różnica ta tłumaczy się niejednolitem przenikaniem zahartowania w głąb płyty stalowej. To, że wartości wytrzymałości na rozerwanie, a po części i granicy podatności przy próbkach pierścieniowych ze stali „Din' są wyższe aniżeli średnie wartości przy

[29]) Dla wielkości pierścienia 4, współczynnik poprawkowy przyjęto = 0.

próbkach w kształcie sztabki okrągłej, — wskazuje na różnicę w obu połowach płyty, z której pobrano próbki.

Z rys. 22 wynika dość wyraźnie też, że ze wzrastaniem wielkości pierścienia maleją odchylenia od normalnej wartości granicy podatności.




Rys. 22.

Wartości wytrzymałości na rozrywanie poszczególnych próbek pierścieniowych różnią się pomiędzy sobą podobnie, jak wartości granicy podatności na rozciąganie.

W każdym razie nie występują one tak wybitnie, jak przy granicy podatności na rozciąganie. Uwzględniając ogólnie rozsiew wartości przydłużenia przy rozrywaniu, nie można zaprzeczyć istnienia prawidła określającego wartości tego przydłużenia. Przy oznaczaniu współczynnika $K_2$ przyjęto, jak to zaznaczyliśmy poprzednio, średnie przydłużenie. Ponieważ przy wszystkich pierścieniach obrano ten sam przekrój, wpływ pierścienia jest stosunkowo większy dla najmniejszego pierścienia, a mniejszy dla największego. Te odchylenia

przy najmniejszym i największym pierścieniu mają jednak tylko podrzędny wpływ na ogólną ocenę.

Z tego wynika, że próbka pierścieniowa daje przy odpowiedniem wypośrodkowaniu zadowalające wyniki na granicy podatności, wytrzymałości na rozerwanie i przydłużenie.

W następnych próbach rur samowzmocnionych przeliczono tak

Tabl. 13.
Stal — Ni — Cr.

Próba na udarność.
Kierunek poprzeczny.

| Próbki proste. | | | Próbki zakrzywione. | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Oznaka | Przekrój poprzeczny $cm^2$ | Uderzenia $mkg/cm^2$ | Oznaka | Przekrój poprzeczny $cm^2$ | Uderzenia $mkg/cm^2$ |
| $B_1$ | 0,79 | 5,63 | $A_1$ | 0,79 | 5,99 |
| $B_2$ | 0,80 | 6,43 | $A_2$ | 0,79 | 6,38 |
| $B_3$ | 0,78 | 5,7 | $A_3$ | 0,79 | 6,52 |
| $B_4$ | 0,80 | 6,12 | $A_4$ | 0,795 | 5,72 |
| $B_5$ | 0,79 | 6,18 | $A_5$ | 0,79 | 6,2 |
| $D_1$ | 0,795 | 5,93 | $C_1$ | 0,8 | 4,78 |
| $D_2$ | 0,79 | 5,0 | $C_2$ | 0,795 | 5,16 |
| $D_3$ | 0,78 | 4,75 | $C_3$ | 0,775 | 5,99 |
| $D_4$ | 0,79 | 5,7 | $C_4$ | 0,79 | 5,3 |
| $D_5$ | 0,79 | 5,91 | $C_5$ | 0,78 | 5,3 |
| $B_{1-5}$; $D_{1-5}$ Średnie | | **5,74** | $A_{1-5}$; $C_{1-5}$ Średnie | | **5,73** |

Kierunek podłużny.

| Próbki proste | | | Próbki proste | | |
|---|---|---|---|---|---|
| $E_1$ | 0,79 | 8,01 | $F_1$ | 0,79 | 6,72 |
| $E_2$ | 0,79 | 8,13 | $F_2$ | 0,80 | 6,66 |
| $E_3$ | 0,80 | 8,0 | $F_3$ | 0,79 | 6,43 |
| $E_4$ | 0,79 | 8,05 | $F_4$ | 0,79 | 6,1 |
| $G_1$ | 0,80 | 8,36 | $H_1$ | 0,80 | 7,43 |
| $G_2$ | 0,80 | 7,4 | $H_2$ | 0,79 | 7,04 |

wartości granicy podatności i wartości przydłużenia próbek pierścieniowych, jak gdyby próby tworzywa były wykonane przy użyciu próbek o kształcie sztabki.

Zmianę długości próbek w kształcie okrągłych sztabek i próbek przeciętych w kierunku podłużnym obserwowano aż do 1% odkształcenia przy pomocy przyrządu zwierciadłowego Martens'a; przy większych przydłużeniach uskuteczniano pomiar przy pomocy cyrkla i podziałki zaopatrzonej w nonjusz.

Przy próbkach pierścieniowych używano nowoczesnych zegarów mierniczych Zeiss'a, przyczem wartości zwiększenia długości odczytywane przy zerwaniu próbki na jednym zegarze, przenoszono odpowiednio i na drugi zegar (rys. 13) Było to spowodowane tem, że nie można było w tym momencie obserwować obu zegarów. W ten sposób unikało się uciążliwego pomiaru przydłużenia po rozerwaniu próbki. W tym wypadku nie uwzględnia się naturalnie sprężystego skurczenia się pierścieni po rozerwaniu. Ponieważ w ten sposób przeprowadzono pomiary wszystkich pierścieni, nie ma on wpływu na ostateczną ocenę, o ile będziemy porównywali próbki pierścieniowe pomiędzy sobą.

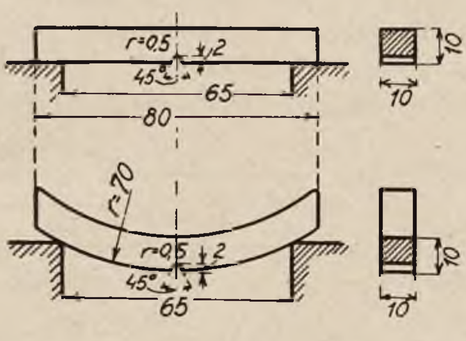
W obrębie stanu podatności odczytywano obciążenie dopiero po ukończeniu okresu podatności. Wskutek tego otrzymano dobrze granice obciążenia.

Granicę podatności na rozciąganie wyznaczono w sposób następujący: po początkowem obciążaniu aż do osiągnięcia granicy 0,2, mierzono w krótkich odstępach w obrębie poła sprężystości, jak również też na początku stanu podatności bez odciążania; po ukończeniu procesu rozrywania wykreślano w diagramie prostą 0,2%, względnie 0,055% równoległą do prostej przedstawiającej prostą sprężystości.

Tym sposobem osiągnięto jednolite oznaczenie granicy podatności dla wszystkich sposobów pomiarowych.

Naprężenia odnoszą się zawsze do przekroju początkowego.

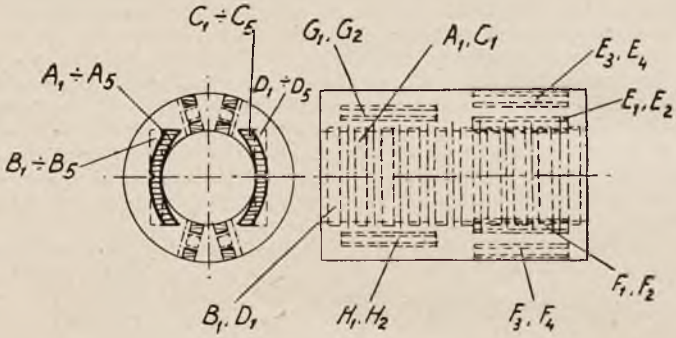
Podobnie przeprowadzono również próby udarności w sposób odmienny od dotychczas przyjętych; próbki zaopatrzone były w karb. Jak przy próbkach pierścieniowych postanowiono tu sporządzić też 4 próbki do badania udarności, pobierając je w tej samej płaszczyźnie przekroju rury (rys. 25, przekrój C—D). Chcąc badać tworzywo na udarność również i w zewnętrznej warstwie rury, sporządzono




Rys. 23.

próbki o promieniu krzywizny odpowiadającym średnicy zewnętrznej rury. Kształt i wymiary próbki na udar stosowanej przy badaniu rur samowzmacnianych uwidocznione są na rys. 23.

Do wykonania prób porównawczych z próbkami prostemi i zakrzywionemi, użyto rury ze stali chromoniklowej, próbki pobrano, jak wskazuje rys. 24. Pobierano naprzemian poprzecznie wzdłuż rury próbki proste i krzywe i wycięto również kilka próbek w kierunku osi. Wszystkie próbki poddano działaniu udarowemu przy 20$^0$C na aparacie wahadłowym o mocy 10 mk firmy Losenhausenwerke A. G. W tab. 13 są zestawione wyniki doświadczeń.



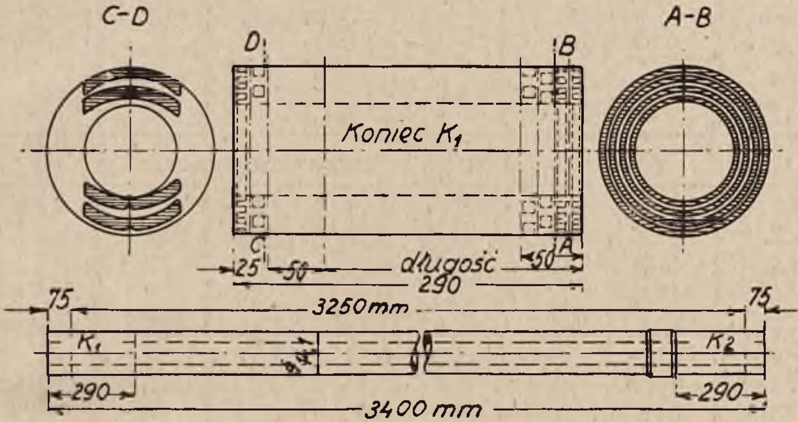

Rys. 24.

Jak należało oczekiwać, nie dało się zauważyć żadnej różnicy pomiędzy próbkami prostemi i zakrzywionemi. Średnie wartości zgadzają się nawet bardzo dokładnie. To że zwięzłość materjału przy próbie z karbem jest większa w próbkach wyciętych wzdłuż osi rury, jest zjawiskiem znanem i jak twierdzi H. Klein tłumaczy się tem, że w tym wypadku włókna przebiegają wzdłuż próbki.

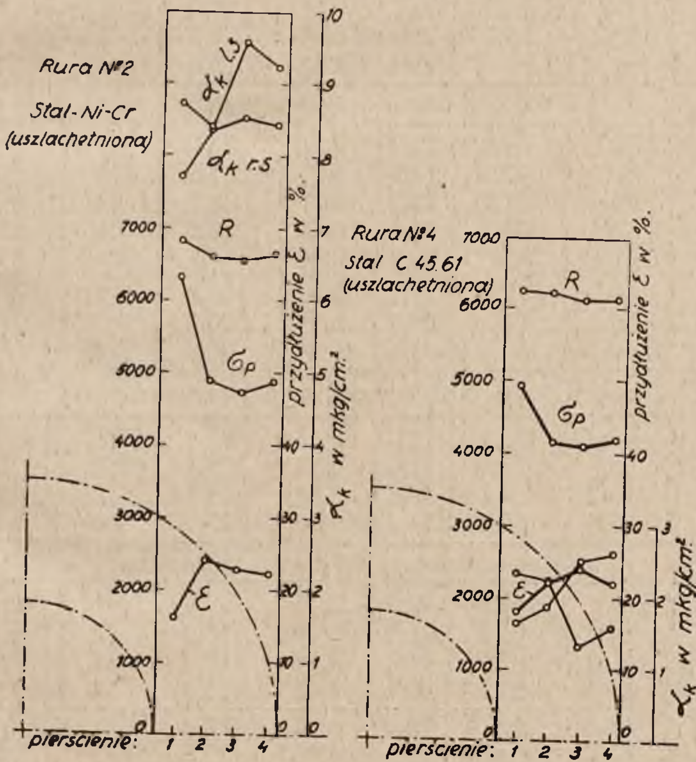
---

Przy badaniach tworzywa rur samowzmocnionych próbki pobierano przy wszystkich 5 rurach z końców odciętych z każdej samowzmocnionej rury.

Na rys. 25 uwidoczniony jest sposób pobrania próbek dla końca rury $K_1$. Zazwyczaj do badań tworzywa używano tego końca rury, który wykazywał większe rozdęcie.


C-D
A-B
D
B
C
A
Koniec $K_1$
25
50
długość
50
290
75
3250 mm
75
$K_1$
$K_2$
290
290
3400 mm

Rys. 25.


Rura Nº2
Stal-Ni-Cr
(uszlachetniona)
$\alpha_k$ l.s
$\alpha_k$ r.s
R
$\sigma_p$
ε
przydłużenie ε w %
$\alpha_k$ w mkg/cm²
pierścienie: 1 2 3 4
Rura Nº4
Stal C 45.61
(uszlachetniona)
R
$\sigma_p$
ε
przydłużenie ε w %
$\alpha_k$ w mkg/cm²
pierścienie: 1 2 3 4

Tabli

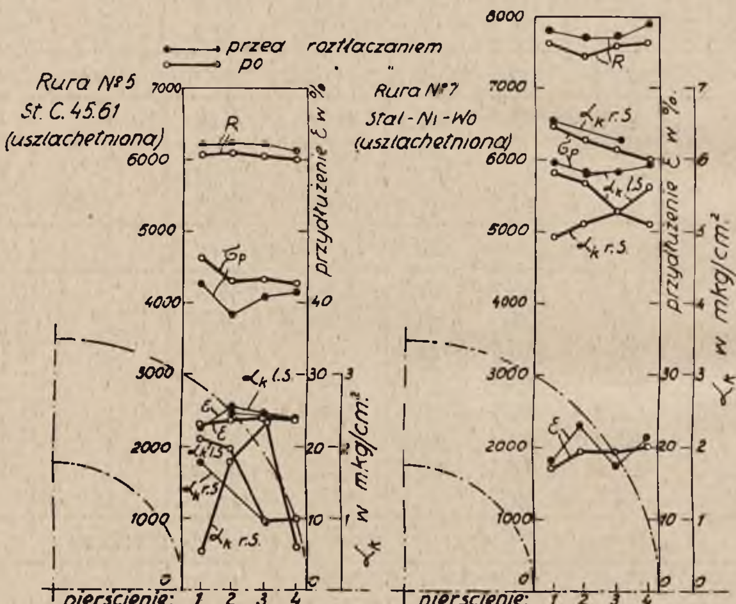
| Próbki pierścieniowe | | Granica podatności σ'p kg/mm² | Granica podatności σp korr. kg/mm² | Wytrzymałość kg/mm² | Przydłużenie % | Przydłużenie % | Próba na udarność | | Uderzenie $\alpha_k$ mkg/cm² |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **próbna rura Nr. 2 po samowzmocnieniu** | | | | | | | | | |
| pr. 1 | 1 | 61,2 | 63,5 | 68,5 | 4,75 | 17,3 | 1 | 1 serja | 7,72 |
| „ 2 | | 47,3 | 48,8 | 66,6 | 6,37 | 23,2 | 2 | | 8,4 |
| „ 3 | | 47,3 | 47,8 | 65,8 | 6,71 | 24,4 | 3 | | 8.51 |
| „ 4 | | 49,0 | 49,0 | 67,2 | 6,37 | 23,2 | 4 | | 8,4 |
| pr. 1 | 2 | 60,7 | 63,0 | 68,2 | 4,18 | 15,2 | 1 | 2 serja | 8,7 |
| „ 2 | | 47,5 | 49,0 | 65,6 | 6,91 | 25,2 | 2 | | 8,35 |
| „ 3 | | 46,3 | 46,8 | 65,5 | 5,81 | 21,2 | 3 | | 9,56 |
| „ 4 | | 48,3 | 48,3 | 66,0 | 5,90 | 21,5 | 4 | | 9,2 |
| **próbna rura Nr. 3 przed samowzmocnieniem** | | | | | | | | | |
| pr. 1 | | 58 | 60,1 | 74,4 | 6,14 | 22,3 | 1 | | 1,44 |
| „ 2 | | 59 | 60,5 | 73,1 | 5,11 | 19,0 | 2 | | 1,54 |
| „ 3 | | 58,2 | 58,7 | 72,8 | 5,41 | 19,7 | 3 | | 3,13 |
| „ 4 | | 59 | 59 | 73,3 | 4,38 | 15,9 | 4 | | 1,80 |
| **po samowzmocnieniu** | | | | | | | | | |
| pr. 1 | 1 | 62,2 | 64,5 | 72,7 | 6,32 | 23,0 | 1 | 1 serja | 3,28 |
| „ 2 | | 61, | 62,5 | 71,6 | 5,91 | 21,6 | 2 | | 2,92 |
| „ 3 | | 60,7 | 61,2 | 71,2 | 6,22 | 22,7 | 3 | | 1,52 |
| „ 4 | | 60,7 | 60,7 | 70,8 | 5,50 | 20,1 | 4 | | 1,64 |
| pr. 1 | 2 | 61,7 | 64 | 72,6 | 5,91 | 21,6 | 1 | 2 serja | 1,77 |
| „ 2 | | 60,6 | 62,1 | 71,4 | 5,49 | 20,0 | 2 | | 3,51 |
| „ 3 | | 59,5 | 60 | 70,7 | 5,58 | 20,3 | 3 | | 3,25 |
| „ 4 | | 60,7 | 60,7 | 71,1 | 5,49 | 20,0 | 4 | | 3,45 |
| **próbna rura Nr. 3 przed samowzmocnieniem** | | | | | | | | | |
| pr. 1 | | 53,4 | 55,7 | 71 | 6,98 | 25,4 | 1 | | 4,58 |
| „ 2 | | 53,9 | 55,4 | 71,3 | 6,89 | 25,1 | 2 | | 4,15 |
| „ 3 | | 54,2 | 54,7 | 70,6 | 6,88 | 25,0 | 3 | | 4,01 |
| „ 4 | | 55,4 | 55,4 | 71,1 | 7,06 | 25,7 | 4 | | 4,4 |
| **po samowzmocnieniu ze starzeniem** | | | | | | | | | |
| pr. 1 | 1 | 63 | 65,3 | 72,7 | 5,76 | 20,9 | 1 | 1 serja | 1,93 |
| „ 2 | | 61,7 | 63,2 | 72,5 | 5,09 | 18,9 | 2 | | 4,27 |
| „ 3 | | 60,2 | 60,7 | 71,3 | 4,78 | 17,4 | 3 | | 2,88 |
| „ 4 | | 59,5 | 59,5 | 70,6 | 4,23 | 15,4 | 4 | | 4,67 |
| pr. 1 | 2 | 64,3 | 66,6 | 73,8 | 5,73 | 20,8 | 1 | 2 serja | 3,54 |
| „ 2 | | 62,8 | 64,3 | 73,5 | 5,73 | 20,8 | 2 | | 4,64 |
| „ 3 | | 60,7 | 61,2 | 72,2 | 5,91 | 18,85 | 3 | | 3,99 |
| „ 4 | | 60,2 | 60,2 | 71,7 | 4,77 | 17,35 | 4 | | 5,12 |

ca 14.

| Próbki pierścieniowe | | Granica podatności $\sigma'_p$ kg/mm² | Granica podatności $\sigma_{p\,korr.}$ kg/mm² | Wytrzymałość kg/mm² | Przydłużenie % | Przydłużenie % | Próba na udarność | | Uderzenie $\alpha_k$ mkg/mm² |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **próbna rura Nr. 4 po samowzmocnieniu** | | | | | | | | | |
| pr. 1 | 1 | 47,4 | 49,7 | 62,2 | 5,05 | 18,55 | 1 | 1 serja | 1,55 |
| „ 2 | 1 | 39,4 | 40,9 | 62,7 | 6,41 | 23,3 | 2 | 1 serja | 1,81 |
| „ 3 | 1 | 40,2 | 40,7 | 61,2 | 6,32 | 23 | 3 | 1 serja | 2,45 |
| „ 4 | 1 | 42,3 | 42,3 | 61,6 | 6,05 | 22 | 4 | 1 serja | 2,55 |
| pr. 1 | 2 | 46,7 | 49 | 62,5 | 4,84 | 17,65 | 1 | 2 serja | 2,34 |
| „ 2 | 2 | 40,2 | 41,7 | 61,6 | 5,73 | 20,8 | 2 | 2 serja | 2,19 |
| „ 3 | 2 | 40,3 | 40,8 | 61,0 | 6,91 | 25,2 | 3 | 2 serja | 1,3 |
| „ 4 | 2 | 41,5 | 41,5 | 60,7 | 6,14 | 22,3 | 4 | 2 serja | 1.59 |
| **próbna rura Nr. 5 przed samowzmocnieniem** | | | | | | | | | |
| pr. 1 | | 40,5 | 42,8 | 62,1 | 6,38 | 22,8 | 1 | | 1,77 |
| „ 2 | | 37 | 38,5 | 62,2 | 7,01 | 25,6 | 2 | | 2,47 |
| „ 3 | | 40,5 | 41 | 62,2 | 6,81 | 24,8 | 3 | | 0,95 |
| „ 4 | | 41,5 | 41,5 | 61,1 | 6,67 | 24,3 | 4 | | 2,39 |
| **po samowzmocnieniu** | | | | | | | | | |
| pr. 1 | 1 | 44 | 46,3 | 60,5 | 6,64 | 24,2 | 1 | 1 serja | 2,11 |
| „ 2 | 1 | 42,5 | 44 | 60,5 | 6,78 | 24,7 | 2 | 1 serja | 1,97 |
| „ 3 | 1 | 43 | 43,5 | 60,2 | 6,60 | 24,1 | 3 | 1 serja | 0,964 |
| „ 4 | 1 | 42,7 | 42,7 | 59,8 | 6,68 | 24,3 | 4 | 1 serja | 0,986 |
| pr. 1 | 2 | 43,8 | 46,1 | 60,6 | 5,9 | 21,5 | 1 | 2 serja | 0,516 |
| „ 2 | 2 | 40,5 | 42 | 60,8 | 6,27 | 22.8 | 2 | 2 serja | 1,76 |
| „ 3 | 2 | 42,5 | 43 | 60,3 | 6,63 | 24,2 | 3 | 2 serja | 2,32 |
| „ 4 | 2 | 42,7 | 42,7 | 59,9 | 6,39 | 23,3 | 4 | 2 serja | 0,605 |
| **próbna rura Nr. 7 przed samowzmocnieniem** | | | | | | | | | |
| pr. 1 | | 57,4 | 59,7 | 78,0 | 4,98 | 18,5 | 1 | | 6,53 |
| „ 2 | | 56,2 | 57,7 | 77,0 | 6,34 | 23,1 | 2 | | 5,8 |
| „ 3 | | 57,5 | 58 | 77,2 | 4,9 | 17,85 | 3 | | 6,26 |
| „ 4 | | 59,3 | 59,3 | 79,1 | 5,91 | 21,5 | 4 | | 5,93 |
| **po samowzmocnieniu** | | | | | | | | | |
| pr. 1 | 1 | 61,7 | 64 | 75,7 | 4,84 | 17,61 | 1 | 1 serja | 5,83 |
| „ 2 | 1 | 60,7 | 62,2 | 75,5 | 5,91 | 21,6 | 2 | 1 serja | 5,68 |
| „ 3 | 1 | 60,5 | 61 | 75,5 | 4,74 | 17,25 | 3 | 1 serja | 5,27 |
| „ 4 | 1 | 61 | 61 | 76,7 | 5,86 | 21,35 | 4 | 1 serja | 5,6 |
| pr. 1 | 2 | 63,3 | 65,6 | 77,0 | 4,68 | 17,0 | 1 | 2 serja | 4,93 |
| „ 2 | 2 | 61,8 | 63,3 | 73,7 | 4,84 | 17,6 | 2 | 2 serja | 5,12 |
| „ 3 | 2 | 61,2 | 61,7 | 76,1 | 5,78 | 21,05 | 3 | 2 serja | 5,32 |
| „ 4 | 2 | 59 | 59 | 76,0 | 5,27 | 19,15 | 4 | 2 serja | 5,1 |

Tylko przy rurze Nr. 3 ze stali chromoniklowej pobrano próbki z obu końców, ponieważ z tą rurą oprócz wskazanych prób tworzywa, chciano też przy użyciu drugiego końca rury przeprowadzić przynajmniej w małym zakresie badania nad starzeniem się materjału (tab. 14).

Przy rurach samowzmocnionych pobrano z tej strony, która nie podlegała odkształceniu w jednej płaszczyźnie serję pięciu pierścieni. Te pierścienie posłużyły do dodatkowego wyznaczenia wytrzymałości wzdłuż rury. Następnie odcięto odpowiednio grubą tarczę przeznaczoną na 4 próbki do określenia udarności. Określone w ten spo-



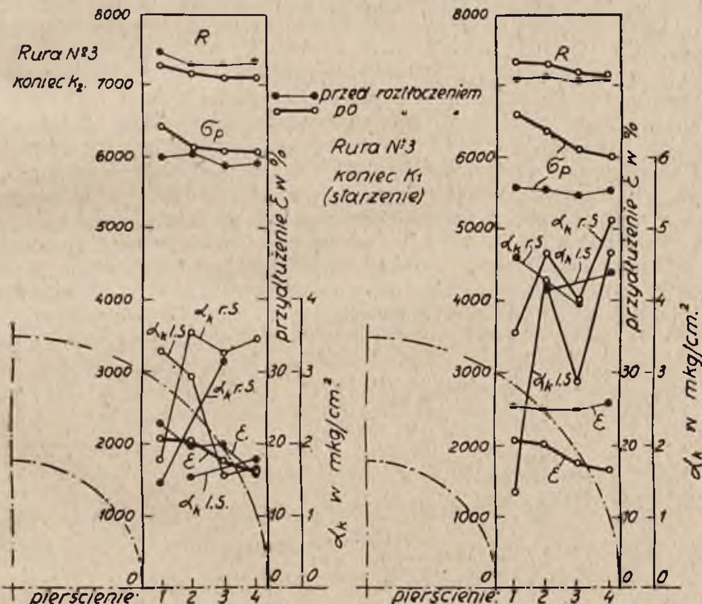

Rys. 29.

sób właściwości tworzywa, które nie było poddane roztłaczaniu są oznaczone na rys. 29 i 30 cieńkiemi linjami. Przy rurach Nr. 2 i 4 roztłaczanych przez przeciąganie w przewodzie rury dornia nie ustalono wartości wytrzymałościowych przed roztłaczaniem przy pomocy próbek pierścieniowych oraz wziętych do prób na uderzenie (tab. 14, rys. 28). Zresztą doświadczenia poczynione z rurami Nr. Nr. 3, 5 i 7 w kierunku wytrzymałości dają dostateczną pewność przy ocenie zmian, które zaszły w tych rurach. Badanie próbek pierścieniowych

rur, 3, 5 i 7 wykazało, że ulepszenie materjału nie nastąpiło jednolicie w całej ściance (rys. 29 i 30)

Różnice w wytrzymałości na rozrywanie należy uważać, jako rozrzut, z którego nie można wysnuć żadnego prawidła. Natomiast przy granicy podatności daje się zauważyć pewna prawidłowość w różnicach.

Zgodnie z procesem ulepszania rur grubościennych wypadła ona w pobliżu środka ścianki rur Nr. 3, 5 i 7 nieco mniejsza; najwięcej daje się odczuć ta różnica przy stali „Din", która nie daje się zahartować na całej grubości. Nie można jednak się dopatrzyć związku po-




Rys. 30

między różniącemi się od siebie wartościami granicy podatności i wytrzymałości a wartościami na przydłużenie. Wartości udarności próbki z karbem dają znany rozrzut cechujący wogóle ten rodzaj próby.

Ukształtowanie tworzywa wzdłuż rury skonstantowane przy rurach ze stali chromoniklowej Nr. 3 i Nr. 5 ze stali „Din" St. C. 45. 61, samowzmocnionych przez wytworzenie wewnątrz rury ciśnienia hydraulicznego, zgadzają się jak najlepiej z wynikami otrzymanemi z próbkami pierścieniowemi. Dla obu gatunków stali struktura materjału w pobliżu wewnętrznej i zewnętrznej rury okazały się drobnoziar-

nistym trootstytem, natomiast w środku ścianki rury jest ona bardziej gruboziarnistą.

Próbki pierścieniowe pobrane z rur samowzmocnionych wykazują zawsze pewne własne naprężenia, które można obliczyć według hipotezy naprężeń ścinających.

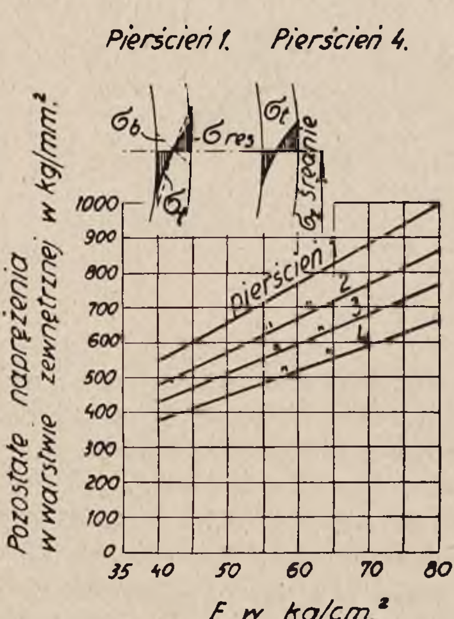
Na rys. 5 jest uwidoczniony rozkład takich pozostałych naprężeń na powierzchni przekroju pierścienia. Zgodnie z tem obszar podatności tworzywa musiałby nastąpić przy próbie na rozciąganie najpierw w warstwie zewnętrznej rury, t. j. w tej warstwie, w której już w stanie spoczynku są naprężenia rozciągające Od tego miejsca rozprzestrzenia się obszar podatności na cały przekrój rury. Znaczyłoby to jednak, że — jeśliby rozkład naprężeń w obrębie pola sprężystości utrzymywał się także w czasie przejścia do stanu podatności, to w takim wypadku granica podatności próbek pierścieniowych byłaby modyfikowana przez te własne naprężenia.

Na *rys. 26* są przedstawione obliczone naprężenia rozciągające w zależności od granicy podatności dla czterech wielkości pierścienia.

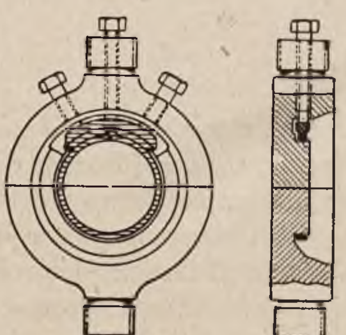
Dla najmniejszego pierścienia otrzymane były największe naprężenia rozciągające, a więc w ogólności również i największe pozostałe naprężenia, ponieważ, jak już wspomniano, obrano dla wszystkich pierścieni jednakowe grubości.

Naprężenia maleją ze zwiększeniem się pierścienia. Na rys. 26 wgórze jest uwidoczniony również rozdział naprężeń w obszarze podatności dla całego przekroju pierścieni wielkości 1—4 a. m. w ten sposób jak tego należało oczekiwać.

Dla wielkości pierścienia 1 wynika wypadkowe naprężenie $\sigma_{res}$ z obliczonego pozostałego naprężenia $\sigma_t$ $(T)$ spowodowanego roztłaczaniem i z naprężenia $\sigma_b$. To ostatnie przyjęto na rys. 26 w taki sposób, jak gdyby było ono wywołane działaniem na skutek luzu pomiędzy pierścieniem i uchwytem. Przy pierścieniu




Rys. 26.



Rys. 27.

o wielkości 4 odchylenie od średniego naprężenia rozciągającego $\sigma_{zm}$ zależy wyłącznie od wielkości pozostałych naprężeń $\sigma_t$. Przy tym rozkładzie naprężeń przyjęto dla $\sigma_t$ jako granicę podatności 60 kg/mm$^2$.

W celu zapoznania się z wpływem pozostałych naprężeń na granicę podatności, wycięto 6 sąsiednich pierścieni wielkości 1 z wylotu rury Nr. 7 (granica podatności — 60 kg mm$^{-2}$), używając ich do specjalnych doświadczeń. Z tej ilości wzięto naprzemian 3 pierścienie, które rozsadzono w celu uwolnienia ich od własnych naprężeń, następnie nadano im wymagane wymiary próbki pierścieniowej (szczelinowej). Te pierścienie, nie posiadające własnego naprężenia, badano następnie w porównaniu z pozostałemi normalnemi trzema próbkami.

Do wykonania prób z pierścieniami szczelinowemi należało zmienić konstrukcję uchwytu.

Na *rys.* 27 jest ta zmiana uwidoczniona schematycznie. Na pierścień odpowiednio do jego krzywizny jest nałożona nakładka przyciskająca, odpowiadająca kątowi rozwarcia 90$^0$. Szczelina próbki pierścieniowej znajduje się wgórze w osi uchwytów maszyny rozrywającej. Nakładka nakarbowana i zahartowana na powierzchni przylegającej do pierścienia była silnie przyciskana do pierścienia przy pomocy 3 śrub. Przez to miało być osiągnięte tak wielkie tarcie w miejcu przyciskania nakładki, że wyciągnięcie pierścienia w tem miejscu podczas rozrywania było niemożliwe. Pomijając mniejsze wskazania zegarów, tłumaczące się tem, że część próbki pierścieniowej pod przyciskiem nie bierze udziału w przydłużaniu, — nie zauważono żadnej charakterystycznej różnicy w wykresie: „naprężenie—przydłużenie" próbek szczelinowych w, porównaniu z samowzmocnionemi próbkami pierścieniowemi bez szczeliny.

Również wartości granicy podatności pierścienia wielkości 4 przed i po roztłoczeniu nie są istotnie różne, o ile każdorazowo warstwa zewnętrzna nie doznała w płaszczyźnie pomiarowej znaczniejszego odkształcenia (por. rys. 29 i 30, koniec $K_2$).

Zgodnie z tem, zdaje się, że pozostałe naprężenie nie wpływa widocznie na położenie granicy podatności przy próbkach pierścieniowych.

Rozważania odnoszące się do rozkładu naprężeń w takich pierścieniach są miarodajne tylko w odniesieniu do pola sprężystości. Z tego powodu zaniechano sporządzania pierścieni szczelinowych z roztłoczonego materjału.

Po stronie samowzmocnionej końców rur (por. rys. 25) pobierano zawsze dwie serje próbek pierścieniowych i dwie tarcze, służące do sporządzenia próbek na udarność.

Pierwsze służyły do badania naprężeń; wyniki są zestawione w tab. 14. Wartości granicy podatności i samego przydłużenia wskazane na rys. 28 do 30 są zgodnie z tab. 12 poprawione przez uwzględnienie współczynnika $K_2$.

Z powodu odmiennego zachowania się próbek, pobieranych z obu połówek rury (rys. 25 przekrój C—D), wartości ciągliwości w karbie są wykreślone na rys. 28 do 30 dla obu części oddzielnie.

Przy rurach samowzmocnionych przez przeciąganie dornia wewnątrz rury Nr. 2 i Nr. 4 rzuca się szczególnie w oczy podwyższenie granicy podatności dla włókien warstwy wewnętrznej rury w porównaniu z warstwą zewnętrzną rys. 28; wynosi ona nie mniej jak 25,6% przy rurze Nr. 2 i 18,5% przy rurze Nr. 4. Również i wytrzymałość na rozciąganie jest o 2,7% wzgl. 1,5% większa. Przy tym sposobie

roztłaczania mamy więc oprócz powstawania naprężeń zaciskających również bardzo znaczne zwiększenie wytrzymałości wewnętrznej warstwy rury, co tłumaczy się działaniem posuwowem dornia na warstwy położone najbliżej do wewnętrznej powierzchni rury. Odkształcenie dodatkowe, wywołane działaniem dornia, zanika szybko w kierunku warstw dalej położonych od osi rury i nie pojawia się już w próbce pierścieniowej drugiej wielkości. Co do działania procesu roztłaczania rur na przydłużenie i ciągliwość materjału w karbie, nie można tu zauważyć wyraźnej prawidłowości.

Na rys. 29 jest wskazana zmiana tworzywa dla obu rur samowzmocnionych przez wytworzenie wewnątrz rury ciśnienia hydraulicznego Nr. 5 i 7. Właściwości, stwierdzone przed roztłaczaniem są oznaczone kreskami, jak to już wspomniano poprzednio. Przy ocenie zmiany właściwości tworzywa szczególniej przy rurach samowzmocnionych jest ważny stopień odkształcenia w badanej płaszczyźnie pomiaru. W miejscach pomiaru rury Nr. 5 (koniec $K_1$) i Nr. 7 (koniec $K_2$) pozostałe przedłużenia 1,34 i 1,66% wewnątrz, oraz 0,238 i 0,482% zewnątrz (patrz rys. 8 i 9).

Wzmocnienie obu rur, szczególnie w warstwach w pobliżu powierzchni wewnętrznej, nie występuje naturalnie tak wybitnie, jak przy rurach samowzmocnionych przez przeciąganie dornia wewnątrz rury.

Zwiększenie granicy podatności w warstwach położonych w pobliżu powierzchni wewnętrznej rury wynosi przy próbkach pierścieniowych 8 i 8,5%. Natomiast wytrzymałość na rozerwanie, przydłużenie i wytrzymałość w karbie przy tych stopniach odkształcenia nie wykazują widocznej zmiany.

Na rys. 30 wreszcie są przedstawione wyniki otrzymane dla rury Nr. 3. Po lewej stronie są podane wartości próbek pobranych bezpośrednio po roztłoczeniu.

Odnośnie samowzmocnienia otrzymano podobne wartości, jak przy rurach Nr. 5 i 7. Granica podatności podniosła się wskutek roztłaczania w warstwie wewnętrznej rury z 60,1 do 64,3 kg/mm², a więc o 7%, przyczem pozostałe przydłużenie w płaszczyźnie pomiarowej wynosiło 0,70%.

Było więc ono nieco niższe aniżeli w rurach Nr. 5 i 7.

Odnośnie innych wartości niema nic do zauważenia.

Pozostaje jeszcze zbadanie rury 3 na końcu $K_1$, który poddano procesowi sztucznego starzenia się. Przedewszystkiem należy zaznaczyć, że granica podatności po roztłoczeniu rury podniosła się w war-

stwie wewnętrznej do 66 kg/mm² w stosunku do 55,7 kg/mm² przed roztłoczeniem, zwiększyła się więc o 18,1%. Wytrzymałość na rozrywanie wzrosła z 70,9 do 73 kg/mm², a więc o 3,25%. Również w warstwie zewnętrznej można zauważyć jeszcze dość znaczne zwiększenie granicy podatności.

Przydłużenie zmniejszyło się w warstwie wewnętrznej z 25,4 do 20,9%, a więc o 25,2%, równocześnie spadła w tem samem miejscu wartość ciągliwości w karbie o średnio 40,7% (22,7 do 58,7%).

Należy nadmienić w celu wyjaśnienia tak znacznych przesunięć w cechach wytrzymałości materjału, że ten koniec rury 3 (patrz rys. 7) doznał znacznie większego odkształcenia, aniżeli wszystkie inne odcinki rur, które służyły do badania cech tworzywa. Pozostałe przydłużenia wewnątrz rury wynosiły tu 2,37%, a zewnątrz 0,56%.

Jeżeli porównamy z sobą wyniki badań nad zmianą właściwości tworzywa, otrzymane przy badaniu rur i weźmiemy przytem pod uwagę rozmaite stopnie odkształcenia, zwłaszcza w warstwie wewnętrznej, dojdziemy do przekonania, że większemu odkształceniu odpowiada stale podwyższenie granicy podatności.

Sprawdza się to również dla części rury Nr. 3, poddanej procesowi sztucznego starzenia się, która przy znacznie większych odkształceniach aniżeli przy innych odcinkach rur wykazała też największy wzrost granicy podatności.

Z rezultatów doświadczenia nie można wyprowadzić wniosku o powstawaniu zjawiska starzenia się materjału drogą termicznej obróbki.

Również nie wystarczają do oceny zjawiska starzenia się doświadczenia nad udarnością próbek z karbem.

Widoczny wpływ na wytrzymałość na rozciąganie, przydłużenie i ciągliwość w karbie zdaje się rozpoczynać dopiero przy pozostałych odkształceniach, przekraczających 2%.

Z powyższych badań jak twierdzi H. Klein wynika, że zachowanie się rur grubościennych w obrębie początku obszaru podatności, biorąc przytem pod uwagę większe wymiary i znaczny rozsiew właściwości fizycznych tworzywa, — zdaje się usprawiedliwiać zastosowanie do nich nowych hipotez o przekroczeniu granicy sprężystości materjału przy naprężeniach działających w jednej płaszczyźnie. Moment powstania typowego odkształcenia w żadnym wypadku nie pokrywał się z hipotezami naprężeń maksymalnych i hipotezą odkształceń.

Badania naprężeń w odcinkach rur samowzmocnionych, wykona-

ne łącznie z badaniem tworzywa przy pomocy próbek w kształcie pierścienia wykazały odmienne zachowanie się rur ze stali stopowej i niestopowej.

Podczas, gdy dla stali stopowych otrzymano wartości naprężeń, które dały się uzgodnić z krzywemi naprężeń, wynikającemi z obliczenia, dla rur ze stali węglistej otrzymuje się wyraźne różnice pomiędzy wartościami, wynikającemi z obliczenia i wynikami prób. Od czasu przeprowadzenia roztłaczania rur próbnych do chwili przeprowadzenia badań nad naprężeniami upłynęło 6 miesięcy.

Doświadczenia, mające na celu zastosowanie przy badaniu tworzywa próbek na rozciąganie w kształcie pierścienia i próbek do badania udarności w karbie o kształcie zakrzywionym, dały wyniki zadawalające.

Przy próbkach pierścieniowych udało się z wystarczającą dla praktyki dokładnością sprowadzić otrzymane wartości wytrzymałości do tych wartości, jakie otrzymujemy przy normalnych próbkach o kształcie sztabki.

Przy pozostałem odkształceniu do 20% zmianę właściwości tworzywa cechowało głównie podwyższenie granicy podatności. Podwyższenie to zależy od stopnia odkształcenia. Natomiast zwiększenie wytrzymałości na rozciąganie, przydłużenia i ciągliwości w karbie zdaje się występować dopiero przy odkształceniach przekraczających 2%. Do chwili osiągnięcia tego pozostałego przydłużenia nie można też było zauważyć widocznych objawów starzenia się tworzywa.

---

Powyżej streszczone badania niemieckie, jakkolwiek nie wnoszą nic nowego do teorji luf samowzmocnionych, są jednak dość ciekawe, gdyż z jednej strony potwierdzają pewne wyniki już dawniej ustalonych we Francji teoryj, — z drugiej zaś dają bogaty materjał danych doświadczalnych. Zaznaczyć przytem można, że francuska literatura, która udostępnia wszechstronny i znakomicie opracowany materjał teoretyczny w dziedzinie luf samowzmocnionych, jest dość dyskretna, jeżeli idzie o wszelkie odnośne dane praktyczne i doświadczalne.

Wreszcie na podkreślenie zasługuje fakt, iż H. Klein, podkreślając zalety teorji właściwej energji sprężystego odkształcenia postaciowego, podaje jednak cały bagaż teoretyczny swej pracy według teorji odkształceń przez ślizganie bez tarcia przyjętej oficjalnie we Francji.

---

WILNIEWCZYC PIOTR.

# PRÓBA KLASYFIKACJI BRONI SAMOCZYNNYCH.*)

Wszelka klasyfikacja ma tylko jedną rację bytu. Ma być kluczem umożliwiającym zrozumienie zjawisk. *(A. Krzyżanowski.* Nauka Skarbowości).

Bronią samoczynną (automatyczną) w szerszem znaczeniu tego wyrazu nazywamy wszelką broń, w której praca gazów ładunku prochowego zostaje wykorzystana nietylko do nadania szybkości pociskowi, lecz i do wykonania pewnych czynności skierowanych do przygotowania broni do następnego strzału lub jego oddania.

Właściwą bronią samoczynną lub też bronią samoczynną w ściślejszem znaczeniu nazywamy broń, gdzie praca gazów prochowych przygotowuje broń do następnego strzału tak, że oddanie jego wymaga od strzelca jedynie ponownego ściągnięcia spustu.

Broń, w której i ta ostatnia czynność jest wykonywana bez udziału strzelca (moment rozpoczęcia ognia i jego zaprzestania naturalnie nie bierzemy tu pod uwagę) a wykonywana jest działaniem samego mechanizmu, nazywamy bronią maszynową.

Broń, w której dla oddania kolejnego strzału prócz ściągnięcia spustu wymagany jest jeszcze chociaż jeden chwyt nazywamy bronią półsamoczynną.

Jak wynika z samego określenia broni samoczynnej w ściślejszem znaczeniu i broni maszynowej, bronie te muszą być wielostrza-

---

*) Stosownie do tytułu niniejszej pracy oraz końcowych uwag autora, artykuł ten umieszczamy jako materjał dyskusyjny (przyp. Red.).

łowemi, natomiast broń półsamoczynna może być bronią zarówno wielo- jak i jednostrzałową.

Powyższe określenia klasyfikują jednocześnie bronie samoczynne z punktu widzenia zakresu działania gazów prochowych.

Powstanie broni samoczynnych tłumaczy się wyłącznie dążeniem do zwiększenia szybkostrzelności, a więc i wydajności, mimo, że zaprzęgnięcie w tym celu gazów prochowych okupione zostaje znacznem skomplikowaniem mechanizmów broni, a najczęściej i zwiększeniem stosunku ciężaru broni do ciężaru naboju.

Zaznaczę, że chociaż każdą broń samoczynną cechuje szybkostrzelność, to jednak nie każda broń, chociażby w najwyższym stopniu szybkostrzelna może być nazwaną bronią samoczynną.

Naprzykład tak zwane kartaczownice (Gatling r. 1860, Reffye r. 1866 i inne) posiadały b. znaczną szybkostrzelność osiągniętą jednak bez wykorzystania pracy ładunku prochowego, a jedynie zastosowaniem szeregu luf, każdej z osobnym zamkiem uruchamianym siłą fizyczną obsługi.

W czasie wojny światowej w związku z szerokiem rozpowszechnieniem silników (lotnictwo, ciągniki, samochody, czołgi) powstał nowy rodzaj broni o działaniu zwykłej broni maszynowej i nawet od niej szybkostrzelniejszy (do 1500 strz./min.) [1]).

Jest to broń, gdzie wszelkie czynności, jakie w broni maszynowej wykonywa praca gazów, tu jest wykonana przez silnik za pośrednictwem giętkiego wału.

Bronie te, naprzykład, wzory Siemens'a, Fokker'a, Autogen'a otrzymały już częściowo swój chrzest bojowy i wykazały szereg zalet: prostotę, lekkość, niezawodność [2]).

Na określenie tych broni, o ile wiem, słownictwo polskie nie posiada jeszcze wyrazu. Nazwijmy je naprzykład broniami napędowemi.

Bronie te, zresztą b. interesujące, nie mogą być zaliczone do broni samoczynnych w znaczeniu wyżej przyjętych określeń, nie będziemy też więcej się niemi zajmowali.

Przechodząc zkolei do klasyfikacji broni samoczynnych z punktu widzenia konstrukcyjnego, a więc przedewszystkiem sposobu, jakim wykorzystana jest praca gazów, stwierdzamy, że klasyfikacyj takich istnieje obecnie cały szereg, co zresztą jest rzeczą zupełnie naturalną, jeśli się zważy, że taka klasyfikacja jest najważniejszą

---

[1]) M. Dévouges, L'Avènement des Armes Automatiques. 1925, str. 248.
[2]) M. Dévouges ,o. c. str. 247.

dla zrozumienia istoty broni samoczynnych, ich studjowania, oceny, porównania i projektowania.

Nie jest celem niniejszej rozprawy podanie historji klasyfikacyj broni samoczynnych, a więc i szczegółowe wymienienie klasyfikacyj dotąd proponowanych, jednak dla pewnego zorjentowania w tej dziedzinie czytelnika, oraz uzasadnienia celowości dalszej pracy w tej dziedzinie, pozwolę sobie niektóre z nich przytoczyć.

Jedną z bardziej znanych jest klasyfikacja gen. Wille, po raz pierwszy ogłoszona zdaje mi się w r. 1892. Brzmi ona tak:

„Zależnie od mechanicznych urządzeń, zapomocą których powstające przy strzale ciśnienie gazów zostaje wykorzystane do uruchomienia zamku (Verschluss) i mechanizmu odpalającego (Schloss), istnieje do rozróżnienia pięć grup broni samoczynnych:

Grupa I. Lufa jest umieszczona ruchomo, zamek sztywnie zaryglowany. Lufa i zamek ciśnieniem gazów na dno komory nabojowej zostają odrzucone razem do tyłu.

Grupa II. Lufa jest nieruchoma, zamek niezaryglowany, a tylko przyciśnięty sprężyną do wlotu lufy.

Grupa III. Lufa jest nieruchoma, zamek zaryglowany. W przedniej swej części lufa jest zaopatrzona w otwór prostopadły do osi.

Grupa IV. Tak samo jak w gr. III-iej lufa jest nieruchoma, a zamek zaryglowany. Ciśnienie gazów sunie łuskę lub kapiszon ku tyłowi, uruchamiając w ten sposób iglicę, ruch zaś iglicy uruchamia mechanizmy zamka celem jego odryglowania i t. d.

Grupa V. Lufa ruchoma jest naciskana stale w kierunku do tyłu zapomocą sprężyny i oparta o nieruchomą płytę oporową, stanowiącą zamek. Przy strzale pocisk ciągnie lufę za sobą ku przodowi“ [3]).

Mjr. Niotan przytacza klasyfikację przyjętą, jak twierdzi, przez autorów francuskich, podstawą której ma służyć rozróżnienie sposobu, jakim ciśnienie gazów zostaje wykorzystane do otwarcia zamka. Klasyfikacja dzieli bronie na trzy grupy:

„1° Gazy odpychają trzon zamkowy ku tyłowi za pośrednictwem dna łuski; jest to system o lufie nieruchomej i zamku niezaryglowanym.

2° Gazy wydostają się z przewodu lufy przez otwór wywiercony w ścianie tej ostatniej i powodują cofnięcie się zamka zapomocą części pośredniczących; jest to system o lufie nieruchomej i o komo-

---

[3]) Wille, Waffenlehre, T. I. 1905, str. 137.

rze gazowej kształtu walca równoległego (do osi lufy)[4]) z tłokiem uruchamiającym zamek.

3⁰ Zamek tworzy nieruchomą płytę oporową, a gazy przepychając kulę przez lufę, która jest ruchomą, zmuszają ją do ruchu ku przodowi. (Wzór o lufie ruchomej i zamku stałym).

Pierwsza grupa dzieli się na dwie kategorje, zależnie od tego, czy lufa zdolna jest przesuwać się razem z zamkiem, czy też nie[5]).

Tenże Niotan podaje klasyfikację specjalisty austrjackiego Kaisertreu'a, przytoczoną w dziele tego ostatniego „Die prinzipiellen Eingenschaften der automatischen Feuerwaffen" w r. 1902.

Podług tej klasyfikacji broń podzielona jest na dwie tylko klasy, lecz każda z nich posiada trzy grupy:

„Do pierwszej klasy należą bronie, których działanie oparte jest wyłącznie na zastosowaniu ciśnienia spalających się gazów, do drugiej klasy należą bronie, których działanie oparte jest na odrzucie.

**Pierwsza klasa.**

Grupa a Bronie nieposiadające zaryglowania zamka.

Grupa b Bronie z zamkiem unieruchomionym („attache") przy pomocy tarcia.

Grupa c Bronie o zamku trwale zaryglowanym.

**Druga klasa.**

Grupa d Bronie wykorzystujące odrzut całości broni.

Grupa e Bronie z długim odrzutem lufy.

Grupa f Bronie z krótkim odrzutem lufy"[6]).

S. Buturlin, jeden z najlepszych znawców broni ręcznej wogóle, klasyfikuje bronie w sposób następujący:

„I. Bronie, działające zapomocą odprowadzonych lub wydechowych („otrabotawszimi") gazów (Lufa nieruchoma i zamek zaryglowany).

A. Gazy są odprowadzone do specjalnego cylindra.

1. Praca jest dokonywana bezpośredniem ciśnieniem na tłok.
2. Praca jest dokonywana rozprężeniem sprężyny uprzednio ściśniętej ciśnieniem gazów.

B. Gazy wychodząc z lufy uderzają w osobną nakładkę.

II. Bronie, działające siłą odrzutu, czyli ciśnienia gazów na dno łuski.

---

[4]) Przyp. autora niniejszego artykułu.

[5]) E. Niotan, Etude sur les Pistolets Automatiques, 1910, str. 30.

[6]) E. Niotan, o. c., str. 30.

C. Zamek niezaryglowany.

3. Lufa nieruchoma.

4. Lufa przy strzale ślizga się ku przodowi.

D. Zamek podczas strzału zaryglowany.

5. Lufa nieruchoma.

   a) praca zostaje wykonana ciśnieniem gazów na iglicę specjalnej konstrukcji;

   b) praca zostaje dokonana siłą odrzutu całej strzelby.

6. Lufa odrzuca się ku tyłowi.

   c) długi odrzut lufy;

   d) krótki odrzut lufy" [7]).

Klasyfikację tę Buturlin uważa za bardziej naturalną i prostszą niż klasyfikacja Wille'go i Kaisertreu'a.

M. Dévouges proponuje klasyfikację następującą:

A) Bronie funkcjonujące zapomocą odrzutu.

B) Bronie funkcjonujące pobraniem części gazu („par emprunt de gaz").

C) Bronie o funkcjach mieszanych.

D) Bronie funkcjonujące zapomocą forsowania kuli w lufie.

E) Bronie półsamoczynne" [8]).

Przytoczone pięć grup autor dzieli dalej:

Grupa A)

   a) Bronie o zamku niezaryglowanym.

   b) Bronie o zamku zaryglowanym.

      1° Bronie o krótkim odrzucie lufy.

      2° Bronie o długim odrzucie lufy".

Grupa B)

   a) Bronie z pobraniem („emprunt") gazu w pewnym punkcie lufy".

Tu autor oprócz rozwiązania, które uważa za podstawowe (typ Hotchkiss'a), rozróżnia jeszcze dwa warjanty:

Warjant a) Typ c. k. m. franc. wz. 1907.

Warjant b) Typ c. k. m. Colt'a.

   b) Bronie z pobraniem gazu u wylotu lufy.

   c) Bronie z pobraniem gazu w tylnej części komory ładunkowej".

---

[7]) S. Buturlin, Strielba pulej, 1912, t. I, str. 239.

[8]) M. Dévouges, l. c., str. 42 i następne.

Grupa C)

I-szy wypadek. Bronie, w których rozmaitym zasadom wykorzystania gazów, odpowiadają rozmaite czynności poszczególnych mechanizmów.

2-gi wypadek. Bronie, gdzie rozmaitym zasadom wykorzystania gazów odpowiadają identyczne czynności wszystkich mechanizmów.

Grupy D i E dalszego podziału nie mają [8]).

We współczesnej literaturze wojskowej niemieckiej jak również i francuskiej przy określeniu rodzaju broni samoczynnej często spotykamy się tylko z dwoma określeniami: „Rückstosslader" (franc. „arme à recul"), przedłumaczamy te określenia wyrazem „odrzutowiec", i „Gasdrucklader" (franc. „arme à pression de gaz"), nazwijmy je „ciśnieniowiec".

Klasyfikacja taka, jak widzimy w najwyższym stopniu uproszczona, małe tylko wyobrażenie dać może o zasadach budowy danej broni i dlatego może okazać się wystarczającą w niewielu wypadkach, tam mianowicie, gdzie istota konstrukcji broni nie stoi na pierwszym planie.

Inne wyżej przytoczone klasyfikację pozwolę sobie rozpatrzeć nieco bliżej.

Pierwsza z nich Wille'go rozróżnia aż pięć samoistnych i równorzędnych podstaw, na których może być oparta konstrukcja broni samoczynnej. W klasyfikacji tej trzy pierwsze grupy mają dzisiaj b. licznych przedstawicieli, ostatnie dwie — zaledwie po parę wzorów i to mających wartość już tylko historyczną. Poza tem niektóre wzory w klasyfikacji wogóle umieścić się nie dają, naprzykład, bronie o lufie nieruchomej i zamku zaryglowanym, lecz nie posiadające w lufie otworu prostopadłego do osi (Kb. Bang'a, c. k. m. franc. wz. 1905 r.).

Dzieje się to wskutek zbytniej szczegółowości w określeniach zasady działania lub konstrukcji i braku dalszego podziału grup.

Klasyfikacja przytoczona przez mjr. Niotan'a posiada te same wady, nawet w większym jeszcze stopniu. Nie mieści się w niej, naprzykład, nawet znany k. m. Colt'a. Dla broni odpowiadających gr. IV-ej Wille'go niema w niej miejsca wcale. Poza tem klasyfikacja ta zawiera jawną sprzeczność, mianowicie, w określeniu pierwszej gru-

---

[8]) Wzmiankuję tu jeszcze z pośród innych o klasyfikacjach: R. Weiss, Die Handfeuerwaffen, 1912, str. 87 i nast., P. Medinger, Le Rendement des Armes à feu 1923 („La Nature" Nr. 2555), Drot, Armes portatives, 1927, str. 141. Klasyfikacje te mało oryginalne, nie stoją na wyższym poziomie niż przytoczone.

py zaznaczono wyraźnie, że bronie tej grupy mają lufy nieruchome, i zamek niezaryglowany, w końcu zaś klasyfikacji uzupełniono, że grupa ta dzieli się na dwie kategorje, z których jedna ma lufę ruchomą, dodajmy od siebie, o czem autor nie wspomina, że kategorja ta ma i zamek zaryglowany.

W odróżnieniu od tej klasyfikacji, która właściwie nic nie klasyfikuje i posiłkowanie się którą może tylko wprowadzić chaos w pojęciach, klasyfikacja Kaisertreu'a odznacza się prostotą i logicznością. Pewną wadą jej jest za mało rozwinięty podział, wskutek czego wypada zaliczać do tej samej grupy bronie o bardzo rozmaitych konstrukcjach, naprzykład do grupy **c** takie bronie jak kb. Bang'a, c.k.m. Hotchkiss'a i broń Roth'a o specjalnej łusce, o konstrukcjach b. rozbieżnych.

O ile dotąd omówione klasyfikacje mają wspólną cechę, że są za mało zróżniczkowane, o tyle klasyfikacja Buturlina cierpi raczej na przerost zróżniczkowania, co czyni ją mało przejrzystą i dość trudną w posiłkowaniu się. Mimo to i w tej klasyfikacji niektóre bronie, naprzykład z opóźnionem otwarciem zamka (t. zw. półzaryglowane) nie są uwzględnione wcale.

Klasyfikacja Dévouges'a różni się od poprzednich zasadniczo formalny błąd, zaliczając bronie z lufą przy strzale idącą ku przodowi (II. C. 4) do broni działających siłą odrzutu, czyli ciśnienia gazów na dno łuski, co zupełnie nie odpowiada rzeczywistości.

Klasyfikacja Dévouges'a różni się od poprzednich zasadniczo wprowadzeniem do podziału równorzędnego broni o funkcjach mieszanych (gr. C.) oraz broni półsamoczynnych (gr. E.).

Nie można mojem zdaniem uważać inowacyj tych za szczęśliwe.

Wprawdzie mamy parę wzorów broni, działanie mechanizmów których oparte na pewnej zasadzie, wzmocnione jest zastosowaniem innej jeszcze zasady. Zawsze jednak i w takich broniach można odróżnić zasadę, która stanowi o istocie broni i która posłuży do jej sklasyfikowania, od zasady pomocniczej, która w klasyfikowaniu bez żadnej szkody może być pominięta. Do czego może prowadzić stosowanie osobnej grupy dla broni o funkcjach mieszanych najlepiej ilustruje umieszczenie przez Dévouges'a znanego k. m. Maxim'a nie w rubryce broni o krótkim odrzucie lufy, a w wypadku 2-gim gr. C. (Grupy broni o funkcjach mieszanych). Nie wyobrażam sobie, aby umieszczenie takie ułatwiło zrozumienie konstrukcji k. m. Maxim'a i pokrewieństwa jego z innemi broniami o krótkim odrzucie lufy.

Wprowadzenie osobnej grupy dla broni półsamoczynnych (gr.

E) do klasyfikacji konstrukcyjnej nie mogę wytłumaczyć inaczej, jak tylko niedopatrzeniem autora.

Niema osobnych zasad konstrukcji broni półsamoczynnych, jak nie istnieją one i dla broni maszynowych. Każdą broń maszynową małą zmianą z łatwością przekształcimy w broń samoczynną w ściślejszem znaczeniu (porówn. obecne r. k. m., które mogą dowolnie działać i jak k. m. i jak kb. samoczynne), również każdą broń samoczynną z łatwością możemy przekształcić w broń półsamoczynną lub nawet powtarzalną (porówn. kb. samoczynny Mondragon'a, który prostem pokręceniem kurka przy przepuście gazowym obracamy w powtarzalny).

W klasyfikacji omawianej zachodzi wypadek pomieszania podziału konstrukcyjnego z podziałem broni z punktu widzenia zakresu działania gazów prochowych.

Należy więc stwierdzić, że i ta klasyfikacja, chociaż najnowsza, nie może być uważana jako postęp.

Przytoczone rozważania dostatecznie mojem zdaniem oświetlają braki klasyfikacji istniejących, zostaje podkreślić jeszcze jeden szczegół — ich wielką rozbieżność pomiędzy sobą.

Wprawdzie sam fakt rozbieżności nie może jeszcze być podstawą do zdyskwalifikowania, gdyż jest rzeczą zrozumiałą, iż każda klasyfikacja, wychodząca z pewnych podstaw uznanych przez autora za główne i najlogiczniej je rozczłonkowująca może się różnić od innej, gdzie za podstawę przyjęte są inne właściwości. Od każdej klasyfikacji musimy jednak wymagać, aby była logiczna w swojej budowie aż do szczegółów i ażeby obejmowała całokształt zjawisk należących do danej dziedziny.

Niestety do przytoczonych wyżej klasyfikacyj twierdzenie to nie da się zastosować.

Okoliczność ta skłania mnie do przedsięwzięcia próby klasyfikacji nowej, opartej poza tem na nieco innych podstawach, niż dotychczasowe.

Mianowicie, kiedy tamte opierają podział główny zasadniczo na tym lub innym sposobie działania gazów prochowych, a często prócz tego na pewnych szczegółach konstrukcyjnych, przeważnie z punktu widzenia zasad działania broni, mających znaczenie drugorzędne (porów. gr. IV-tą klasyfikacji Wille'go, lub gr. 2° klasyfikacji Niotan'a), ja proponuję za podstawę klasyfikacji przyjąć urządzenie ich części głównych.

Wprawdzie ten lub inny sposób działania gazów wynika bezpośrednio z urządzenia broni, przeto wydawaćby się mogło, że jest rzeczą obojętną, czy przyjmiemy za podstawę podziału sposób działania, wynikający przecież z urządzenia, czy też samo urządzenie broni.

Znajduję jednak, że proponowana przeze mnie metoda jest bardziej logiczna i prosta, chociażby dlatego, że przedmiotem klasyfikowania jest broń czyli określony przedmiot materjalny, a nie jego czynności.

Jako części główne obieram te, bez których żadnej broni wyobrazić się nie da, mianowicie, lufę i zamek i dzielę bronie zależnie od urządzenia lufy na dwa rodzaje:

I rodzaj. Bronie o lufie przy strzale nieruchomej.

II rodzaj. Bronie o lufie przy strzale ruchomej.

Zatem, zależnie od tego, czy zamek przy strzale jest zaryglowany, czy też nie, każdy z wymienionych rodzajów dzielę na dwie klasy, czyli razem otrzymuję cztery możliwe klasy:

Klasa A. Bronie z lufą nieruchomą i zamkiem niezaryglowanym.

Klasa B. Bronie z lufą nieruchomą i zamkiem zaryglowanym.

Klasa C. Bronie z lufą ruchomą i zamkiem niezaryglowanym.

Klasa D. Bronie z lufą ruchomą i zamkiem zaryglowanym.

Nim przejdę do omówienia zasad podziału dalszego, uważam za wskazane dać bliższe określenia przyjętych podstaw klasyfikacji.

A więc, co do lufy, stwierdzam, iż niema broni, gdzie lufa w warunkach normalnego strzelania nie wykonałaby pewnego ruchu spowodowanego odrzutem [10]), jednak w zastosowaniu do broni samoczynnych można łatwo rozróżnić takie, gdzie ruch lufy przy strzale jest niezbędnym warunkiem prawidłowego funkcjonowania, niezależnie od tego, czy lufa będzie ruchoma w stosunku do komory zamkowej, czy do łoża, czy nawet tylko w stosunku do strzelca (por. strzelbę Sjoegrena i bronie, gdzie ruch lufy nie jest potrzebny do zapewnienia funkcjonowania. Tu mechanizmy będą pracowały prawidłowo nawet w wypadku umocowania lufy, naprzykład, w jakiemś potężnem imadle, które zabezpieczałoby istotną nieruchomość lufy w stosun-

---

[10]) Wbrew rozpowszechnionemu mniemaniu, że energja odrzutu w broni samoczynnej jest pochłonięta w większej części przez pracę mechanizmów, należy zaznaczyć, że praca ta może pochłonąć tylko nieznaczną część energji. W niektórych systemach energja odrzutu jest nawet większa niż byłaby w broni tegoż ciężaru niesamoczynnej. Mniejsze fizjologiczne odczucie odrzutu wynika jedynie z głębokiego przekształcenia postaci energji odrzutu .

ku do punktu utrwalenia obranego w terenie lub na określonej platfomie.

W rozumieniu proponowanej klasyfikacji w pierwszym wypadku będziemy mieli do czynienia z broniami o lufie przy strzale ruchomej, w drugim — o nieruchomej.

Można naturalnie wyobrazić sobie i inne określenia ruchomości i nieruchomości lufy przy strzale, naprzykład, jej ruchomość lub nieruchomość w stosunku do komory zamkowej lub łoża. Takie określenie miałoby już tę niedogodność, że niektóre bronie typowo odrzutowe, jak naprzykład, kb. Maxim'a lub Sjoegren'a wypadłoby zaliczyć do klasy broni z lufą przy strzale nieruchomą, a więc do tej klasy, gdzie mieszczą się naprzykład c. k. m. Hotchkiss'a lub Colt'a i t. p., nie mające konstrukcyjnie nic wspólnego z wymienionemi wyżej. Umieszczenie takie zaciemniłoby zupełnie istnienie niezbędności ruchu lufy podczas strzału dla jej funkcjonowania.

Co do zaryglowania zamka, to jako bronie z zamkiem zaryglowanym określam te, w których w czasie posuwania się pocisku przez przewód lufy zamek nie ulega otwarciu czyli funkcjonuje podobnie, jak w zwykłej broni odtylcowej.

Jeżeli jednocześnie z rozpoczęciem ruchu pocisku w przewodzie lufy rozpoczyna się otwieranie zamka, to niezależnie od wielkości przesunięcia w chwili opuszczenia przez pocisk lufy zamek uważam za niezaryglownay.

Niektórzy autorzy mówią również o broniach o zamku półzaryglowanym, stosując określenie to naprzykład do c. k. m. Schwarzlose lub kb. Tompson'a. Objektywne badanie łatwo wykaże, że w broniach tych zaryglowania zamka niema wcale, jest tylko opóźnienie jego otwarcia, spowodowane zastosowaniem sposobów nic wspólnego z zaryglowaniem nie mających.

W stosunku więc do wymienionych i t. p. broni wzmiankowane określenie jest nieprawdiłowe i może wywołać nieporozumienia.

Możnaby umówić się pod półzaryglowanemi broniami rozumieć takie, gdzie zamek w momencie oddania strzału zaryglowany, odryglowuje się i rozpoczyna ruch wsteczny jeszcze podczas posuwania się pocisku w lufie. Możliwość zbudowania i takich broni nie ulega wątpliwości (porówn. kb. Mannlicher'a wz. 1900).

Rozwiązania konstrukcyjne tego rodzaju nie mają dotąd zastosowania praktycznego i zdaje mi się nie mają widoków powodzenia i na przyszłość.

Bronie podobne uważałbym za właściwe zaliczać bądź do klasy broni o zamku niezaryglowanym, jeżeli otwarcie zamka jeszcze w czasie przebywania pocisku w lufie niezbędne jest dla funkcjonowania broni, bądź do broni o zamku zaryglowanym, jeżeli otwarcie takie dla funkcjonowania broni jest bez znaczenia, a zostało dopuszczone przez konstruktora ze względów ubocznych, co praktycznie biorąc, może mieć miejsce, naprzykład w broniach o krótkim odrzucie lufy.

Ze względu na głęboki wpływ, jaki na całą konstrukcję broni oraz sposób jej funkcjonowania, wywiera urządzenie lufy i zamka, dla podziału w obrębie klas nie da się już wyszukać w broniach takiej odznaki, którąby mogła służyć za podstawę podziału wspólną dla nich wszystkich. Tu więc podstawa podziału musi być dla każdej klasy inną.

Jako podstawę taką dla klasy A obieram istnienie lub brak urządzeń opóźniających otwarcie zamka i na mocy tego dzielę ją na dwie grupy:

Grupa 1. Bronie z otwarciem zamka bez opóźnienia.

Grupa 2. Bronie z otwarciem zamka z opóźnieniem.

Dla klasy B za podstawę podziału obieram, jak zrobił i Devouges, rozróżnienie miejsca skąd są pobierane gazy dla uruchomienia mechanizmów i na mocy tego dzielę bronie tej klasy na trzy grupy:

Grupa 3. Bronie z pobraniem gazu u wylotu lufy.

Grupa 4. Bronie z pobraniem gazu w przewodzie lufy.

Grupa 5. Bronie z pobraniem gazu w dnie komory nabojowej.

Klasa C dalszego rozczłonkowania nie wymaga.

Dla klasy D za podstawę podziału obieram charakter ruchu, który musi być wykonany dla uruchomienia mechanizmów i pod tym względem dzielę bronie na trzy grupy:

Grupa 6. Bronie o odrzucie lufy razem z komorą zamkową, względnie łożem (t. zw. odrzucie „całości broni").

Grupa 7. Bronie o krótkim odrzucie lufy.

Grupa 8. Bronie o długim odrzucie lufy.

Nim przejdę do omawiania celowości i podstaw dalszego jeszcze podziału, uważam za wskazane bliżej określić pojęcia krótkiego i długiego odrzutu.

W polskiej literaturze wojskowej spotykamy się z takiem określeniem, że bronie o krótkim odrzucie lufy są te, w których odryglowanie następuje przy ruchu lufy wstecznym, zaś o długim odrzucie te, gdzie odryglowanie następuje przy ruchu lufy powrotnym.

Określenie to, mojem zdaniem, nie może być uznane za słuszne przedewszystkiem z punktu widzenia przyjęcia podstawy podziału. Chcąc rozróżnić długość najsłuszniej byłoby za podstawę rozróżnienia też obrać jakąś długość. Poza tem omawiane określenie niesłuszne jest i z formalnej strony. W broniach o długim odrzucie odryglowanie może następować nietylko przy ruchu powrotnym, lecz i przy ruchu wstecznym (porówn. r. k. m. Madsen'a lub strzelbę Browninga).

W dotychczasowych wzorach broni o krótkim odrzucie wprawdzie odryglowanie następuje zawsze przy ruchu wstecznym lufy, lecz nawet i tu możemy sobie wyobrazić konstrukcję, gdzie odryglowanie lufy następowałoby przy ruchu lufy powrotnym.

Wobec powyższego za podstawę podziału obieram długość, a mianowicie długość naboju, która jest dla każdej broni wielkością charakterystyczną i określam jako bronie o krótkim odrzucie lufy te, posuw lufy w których jest krótszy od długości naboju, zaś jako bronie o długim odrzucie te, gdzie posuw lufy jest dłuższy od długości naboju.

Przy obecnej ilości wzorów broni sięgającej wielu setek okazuje się, że w obrębie szeregu grup wypadnie umieszczać po kilkanaście czasem po kilkadziesiąt wzorów, różniących się dość gruntownie.

Dla przykładu przytoczę, że naprzykład gr. 7-a zawiera tyle wzorów i tak się różniących, że mogłaby sama służyć przedmiotem osobnego studjum klasyfikacyjnego, opartego na rozróżnieniu kierunku ruchu tłoka, sposobu regulowania dopływu gazu do komory gazowej, sposobu zaryglowania i t. d. Klasyfikacja szczegółowa tej jednej grupy mogłaby posiadać rozczłonkowanie cztero lub pięciostopniowe.

Stąd wynika, że przy obecnie posiadanej ilości rozwiązań konstrukcyjnych i w obrębie grup niezbędne jest przeprowadzenie dalszego podziału, naprzykład na typy, różniące się konstrukcyjnie wprawdzie tylko szczegółami, lecz bardzo różne pod względem wyglądu, sposobu manipulowania, zacięć charakterystycznych i t. p.

Typy mieszczące się w obrębie grup proponuję oznaczać nazwiskiem konstruktora, lub firmy wykonywującej, lub też miejscem wykonania.

Za podstawę zasadniczego podziału na typy dla klasy broni o zamku niezaryglowanym (gr. 2-a) proponuję obrać sposób opóźnienia otwarcia zamka, dla broni o pobraniu gazu z lufy (gr. 4 a) —

kierunek ruchu tłoka i dla broni o odrzucie lufy (gr. 7 i 8-a) — sposób zaryglowania zamka.

Ilość typów w obrębie każdej grupy nie uważam za skończoną, jak nie jest skończona praca twórcza w konstruowaniu typów nowych, dzisiaj niemożliwych do przewidzenia.

W obrębie typów mieścić się będą poszczególne wzory.

Ostatecznie więc pełne oznaczenie broni podług klasyfikacji proponowanej wyglądałoby następująco:

Naprzykład, c. k. m. Vickers'a — broń o lufie ruchomej, zamku zaryglowanym, grupa o krótkim odrzucie lufy, typ Maxim'a, wzór Vickers'a, 1909 r.; pistolet Browning'a, kal. 9 mm — broń o lufie nieruchomej, zamku niezaryglowanym, grupa o otwarciu zamka nieopóźnionym, typ Browning'a, wzór F. N. 1903 r.; l. k. m. Lewis'a — broń o lufie nieruchomej, zamku zaryglowanym, grupa z pobraniem gazu w przewodzie lufy, typ Hotchkiss'a, wzór Lewis'a 1915 r. i t. d.

W całokształtcie proponowana klasyfikacja przytoczona jest w poniższej tablicy. Zawiera ona obok krótkiego scharakteryzowania cech poszczególnych typów liczne wzory w charakterze przykładów.

Zastrzegam się, że rubryka typów, a tem bardziej wzorów nie może być uważana za kompletną. Zresztą nie jest nawet celem niniejszej pracy całkowite skatalogowanie istniejącego materjału.

Również zastrzegam się, że w poszczególnych charakterystykach, jak i w umieszczeniu wzorów mogą istnieć niedokładności:

Jest rzeczą zrozumiałą, że nie wszystkie wzory wymienione, mogłem klasyfikować po ich uprzedniem osobistem zbadaniu, wielu z tych wzorów wogóle Polska nie posiada. Musiałem więc częściowo polegać na danych z literatury, danych często b. pobieżnych, a czasem mylnych.

Jeżeli porównamy klasyfikację proponowaną z podziałem broni na odrzutowce i ciśnieniowce, znajdziemy, że bronie zaliczone do kl. A i D należą do odrzutowców, zaś do kl. B i C do ciśnieniowców.

Proponowaną przeze mnie klasyfikację, w szczególności co się tyczy ilości i charakterystyk poszczególnych typów nie uważam naturalnie za bezsporną, a traktuję ją raczej jako punkt wyjściowy do dalszych prac w dziedzinie klasyfikacji broni samoczynnych, dziedzinie, której dotąd naogół poświęcono mało uwagi i wysiłku myślowego. Cieszyć się będę, jeżeli ktoś inny lepiej potrafi zrobić wybór typów oraz lepiej podkreśli i wyrazi to, co w każdym z nich stanowić ma istotną odrębność.

## KLASYFIKACJA KONSTRUKCYJNA

### BRONI SAMOCZYNNYCH

| Rodzaj | Klasa | Grupa | Typ | Wzór |
|---|---|---|---|---|
| I. Lufa nieruchoma | A. Zamek nieryglowany[11]) | 1. Otwarcie zamka nieopóźnione[12]) | 1. Bergmann z łuską stożkową | Pist. wz. 1894. |
| | | | 2. Browning | Pist. F. N wz. 1897, 1900, 1903, 1906 i 1912, poza tem b. liczne wzory pistoletów użytku przeważnie cywilnego o kal. 7, 65 i 6,35 mm. rzadziej 9 mm., przykładowo: Colt, Steyer, Bayard, Sauer i syn, Mauser, Stock, Walther, Cebra, Melior, Astra, Ortgies i wiele innych, wszystkie bez kurka zewnętrznego, ostatni poza tem półnapinający, Webley i Scott, Frommer-Liliput i inne, z kurkiem zewnętrznym, Paillot, le Français, nie napinające kurka.<br>Pist. masz. Bergmann wz. 1918.<br>Kbk. sport. F. N., Walther, Winchester i inne, Bayard (półsamoczynny). |
| | | | 3. Revelli<br>Komora nabojowa w części odpowiadającej szyjce łuski posiada rowki wzdłuż tworzącej. Cel uniknięcie rozrywania łuski przy jej wychodzeniu z komory. | R. k. m. wz. 1929. |
| | | | 4. Winchester<br>Do trzona zamka umocowany jest blok stalowy celem zwiększenia masy podlegającej odrzutowi [13]). | Sztuc. wz. 1905, 1907 i 1910. |

[11]) Cecha ogólna tej klasy — zamek rozpoczyna ruch względem lufy jednocześnie z ruchem pocisku.

[12]) Cecha ogólna tej grupy — dopuszczalne maksimum drogi przebytej przez zamek do chwili spadku ciśnienia w lufie zabezpiecza się odpowiednio dobranym stosunkiem mas pocisku i zamka.

[13]) Jedynem zadaniem wspomnianej masy jest zmniejszenie szybkości zamka, a więc opóźnienie jego otwarcia. Ponieważ jednak od zbyt wczesnego otwarcia zamek zabezpieczony jest tylko odpowiednio dobranym stosunkiem mas zamku i pocisku w odróżnieniu od właściwych broni z opóźnionem otwarciem zamka, w których stosunek mas nie odpowiada wymienionemu warunkowi, typ omawiany nie należy mojem zdaniem do grupy broni z opóźnionem otwarciem zamka, stanowi natomiast do tych broni jak gdyby przejście, będąc przykładem ciągłości zmian zasad konstrukcyjnych w broniach samoczynnych. Niżej wskażę na inne jeszcze przykłady takiej ciągłości i przejściowości.

| Rodzaj | Klasa | Grupa | Typ | Wzór |
|---|---|---|---|---|
| I. Lufa nieruchoma | A. Zamek niezaryglowany [11] | 2. Otwarcie zamka opóźnione [15] | 5. Schwarzlose<br>Opóźnienie otwarcia zamka osiąga się włączeniem pomiędzy trzonem zamka a komorą masy o ruchu obrotowym, przyczem na początku otwarcia małemu przesunięciu trzona odpowiada znacznie większe przesunięcie masy obrotowej oraz ciężkiej iglicy. (Opóźnienie t. zw. pozornem zwiększeniem masy zamka.) Każdy nabój oliwiony zosobna celem uniknięcia rozrywania łusek. | C. k. m. wz. 1907.<br>Kb. Pedersen [14]) |
| | | | 6. Tompson<br>Opóźnienie otwarcia zamka tarciem. Otwieranie się zamka następuje dopiero kiedy ciśnienie gazów w lufie spadnie poniżej pewnej krytycznej wielkości zależnej od kąta pochylenia trących się powierzchni oraz właściwości materjału z którego są wykonane. (Efekt Blish'a) | Pist. masz. Tompson-Colt<br>Kb. Tompson |
| | | | 7. Arcyksiążę Salvator<br>Opóźnienie otwarcia zamka tarciem powierzchni śrubowych oraz ruchem wahadła (pozornem zwiększeniem masy) | K. m. Skoda wz. 1893 |
| | | | 8. Mannlicher 93<br>Opóźnienie otwarcia zamka tarciem | Kb. wz. 1893 |
| | | | 9. S. I. A. (Włochy)<br>Opóźnienie otwarcia zamka arciem | L. k. m. wz. 1918<br>Kbk. Revelli-Beretta |
| | | | 10. Savage<br>Opóźnienie otwarcia zamka tarciem specjalnego występu na lufie o ścianę podłużnego rowka wyżłobionego w zamku. Przyciskanie występu następuje wskutek parcia pocisku na gwinty [16]) | Pist. Savage |

[14]) Umieściłem tu na mocy wzmianki w „Militär wissenschaftliche und technische Mitteilungen", styczeń—luty 1930, str. 166, na które też wkładam odpowiedzialność za dokładność danych.

[15]) Cecha ogólna tej grupy — dopuszczalne maksimum drogi przebytej przez zamek do chwili spadku ciśnienia w lufie nie wymaga zabezpieczenia odpowiednim doborem stosunku mas pocisku i zamka.

[16]) W istocie pistolet działa zupełnie bez opóźnienia otwarcia zamka, czyli wbrew przewidywaniom konstruktora. Ponieważ jednak przewidywania te zostały urzeczywistnione w pewnych szczegółach konstrukcyjnych, niezrozumiałych, jeżeli broń umieścimy w gr. I-ej, uważam za wskazane odnieść ją tu. Pistolet Savage

| Rodzaj | Klasa | Grupa | Typ | Wzór |
|---|---|---|---|---|
| 1. Lufa nieruchoma | A. Zamek niezaryglowany | 2. Otwarcie zamka opóźnione | 11. Mannlicher 1900<br>Zamek w momencie odpalenia zaryglowany. Odryglowanie ciśnieniem gazów odprowadzonych z lufy kończy się przed wyjściem pocisku z lufy. Otwarcie zamka następuje bezpośrednio wskutek ciśnienia na dno łuski (odrzut zamka [17]) | Kb. wz. 1900. |
| | | | 12. Remington<br>Zamek rozpoczyna ruch jednocześnie z pociskiem. Osobne czółko po przejściu paru milimetrów do tyłu staje unieruchomione. Zamek cofa się dalej, zwalniając w końcu swej drogi czółko, które wznawia swój ruch wsteczny aż do zetknięcia się z zamkiem [18]) | Pist. typ 51 |
| | B. Zamek zaryglowany | 3. Pobranie gazów u wylotu | 13. Bang<br>Pierścień nałożony na wylot lufy i tworzący komorę pod ciśnieniem gazów sunie się ku przodowi. Związana z pierścieniem żerdź uruchamia mechanizmy | Kb. wz. 1903<br>C. k. m. Puteaux wz. 1905 |
| | | 4. Pobranie gazów w przewodzie lufy | 14 Hotchkiss [19])<br>Tłok umieszczony w komorze cylindrycznej równoległej do lufy idzie ku tyłowi wskutek uderzenia gazów przedo- | Pist. Br. Clair<br>Kb. Mondragon wz. 1908, kb. R. S. C. wz. 1917 i 1918.<br>C. k. m. Hotchkiss wz. 1897 i 1900 (odm. β), r. k. m. Bert- |

też może służyć przykładem ciągłości zasad konstrukcji broni samoczynnych, chociaż, że tak powiem, z biegunowo innej strony niż sztuc. Winchestera. W Savage istnieje urządzenie opóźniające, które nie działa, Winchester nie ma osobnego urządzenia opóźniającego, lecz działa tak, jak gdyby takie urządzenie posiadał. Ruch obrotowy lufy pist. Savage czyni poza tem broń tę przejściową do broni o lufie ruchomej.

[17]) Opisuję funkcjonowanie podług Devouges'a (l. c. str. 69 i 183). Jeżeli opis ten jest słuszny, typ omawiany byłby istotnym przykładem broni o zamku półzaryglowanym. Podług Buturlina jednak (l. c. str. 240, t. I) w broni tej nietylko odryglowanie, lecz i otwarcie zamka spowodowane jest ciśnieniem gazów na tłok, czyli, że jest pod względem zasady działania zwykłą bronią o zamku zaryglowanym, działającą mniej więcej tak, jak k. m. Hotchkiss'a.

[18]) Opis podług G. Bock Faustfeuerwaffen, wyd. II. Jeżeli opis jest ścisły, broń omawiana również mogłaby być uważana jako broń poółzaryglowana, jak widzimy o funkcjonowaniu jednak zupełnie odmiennem od kb. Mannlichera wz. 1900.

[19]) Chronologicznie rzecz biorąc typ ten należałoby oznaczyć imieniem Br. Clair. Ponieważ jednak broń ich pozostała prawie zupełnie nieznaną, firmie zaś Hotchkiss należy bezsporna zasługa wprowadzenia omawianej zasady w życie i to na szeroką skalę, uważam za słuszniejsze dać typowi oznaczenie Hotchkiss.

| Rodzaj | Klasa | Grupa | Typ | Wzór |
|---|---|---|---|---|
| I. Lufa nieruchoma | B. Zamek zaryglowany | 4. Pobranie gazów w przewodzie lufy | stających się do komory przez osobny otwór poprzeczny łączący lufę z komorą. Ruch tłoka uruchamia mechanizmy[20]) | hier wz. 1908, l. k. m. Hotchkiss wz. 1909 (odm. β), c. k. m. Hotchkiss wz. 1914 (odm. β), l. k. m. Levis wz. 1915 (odm. γ), r. k. m. Browning wz. 1918 (odm. γ), r. k. m. Hotchkiss wz. 1922, c. k. m. Hotchkiss wz. 1924 (odm. δ), r. k. m. Chatellerault, r. k. m. Vickers-Berthier. r. k. m. Beardmore-Farquhar, r. k. m. ZB wz. 26 (odm. α), l. k. m. Darne wz. 1918 i inne. |
| | | | 15. St. Etienne<br>Zasada uruchomienia identyczna z typem Hotchkiss'a, lecz tłok pod działaniem gazów idzie nie wtył, a ku przodowi. | C. k. m. St. Etienne wz. 1907 (przeróbkowy z k. m. wz. 1905) |
| | | | 16. Br. Clair<br>Tłok jak w typie St. Etienne idzie ku przodowi sciskając sprężynę Po spadku ciśnienia w komorze sprężyna rozprężając się uruchamia mechanizmy zapomocą związanej z nią żerdzi. | Szt. Br. Clair wz. 1888 |
| | | | 17. Colt<br>Tłoczek umieszczony na dźwigni obracającej się dookoła osi prostopadłej do osi lufy wchodzi do poprzecznego otworu w lufie. Uderzenie gazów obraca dźwignię z tłoczkiem, powodując uruchomienie mechanizmów. | C. k. m. Colt wz. 1897 |
| | | 5. Pobranie gazów w dnie komory nabojowej | 18. Roth<br>Ciśnienie gazów odrzuca ku tyłowi iglicę, energja ruchu której uruchamia mechanizmy | Pist. Roth. |

[20]) Typ Hotchkiss'a znajduje obecnie szerokie zastosowanie w broniach maszynowych. Jak zaznaczyłem wyżej odmiany omawianej konstrukcji mogłyby być tematem osobnej klasyfikacji szczegółowej. Tu wskażę tylko na jeden szczegół, który mógłby służyć też jako jedna z podstaw rozczłonkowania, a mianowicie, na sposób regulowania ciśnienia gazów na tłok. Możliwe są tu cztery odmiany: α) bez regulowania, β) regulowanie zmianą objętości komory gazowej, γ) regulowanie zmianą prześwitu otworu łączącego lufę i komorę i δ) regulowanie wypuszczeniem części gazów z komory bez pobrania pracy, osobnym otworem o zmiennym prześwicie. Dla niektórych z przytoczonych wzorów w nawiasie opadaję literę odpowiadającą odmianie sposobu regulowania ciśnienia.

| Rodzaj | Klasa | Grupa | Typ | Wzór |
|---|---|---|---|---|
| II. Lufa ruchoma | C. Zamek niezaryglowany[21]) | | Mannlicher 94. Zamek nieruchomy tworzy płytę oporową do której przyciśnięta jest siłą sprężyny lufa. Przy strzale lufa idzie ku przodowi pod wpływem oporu przetłoczenia pocisku. Ruch lufy uruchamia mechanizmy | Pist. Mannlicher wz. 1894 (półsamoczynny). Pist. Winklar, Smith Wesson, Schwarzlose. |
| | D. Zamek zaryglowany | 6. Odrzut „całości broni" | 19. Maxim 84 Wskutek odrzutu całość broni nasuwa się na sprężynowo umieszczony trzewik oparty o ramię strzelca. Trzewik związany jest z zamkiem zapomocą żerdzi. Wzajemne przesunięcie broni i trzewika powoduje uruchomienie mechanizmów | Sztuc. wz. 1884 (przer. z Winchestera). |
| | | | 20. Sjoegren Wskutek odrzutu całość broni idzie do tyłu. Ciężka mufa obejmująca lufę pozostaje na mocy bezwładności na miejscu Wzajemne przesunięcie broni i mufy powoduje uruchomienie mechanizmów | Kb. i strzelba Sjoegren, kb. Mauser wz. 1913. |
| | | 7. Krótki odrzut lufy[21]) | 21. Maxim 83 Pomiędzy trzonem zamkowym a suwadłem związanem z lufą włączone są przegubowo dwie dźwignie mogące obracać się dookoła trzech osi prostopadłych do osi lufy. Zaryglowanie odpowiada pozycji, kiedy osie są na prostej[22]). Cofnięcie się lufy z suwadłem powoduje załamanie się dźwigni i odryglowanie zamka. | Pist Borchardt wz. 1893, pist. Parabellum (Borchardt-Lueger) wz. 1900, 1904 i 1908. C. k. m. Maxim wz. 1883, 1901, 1905, 1908, i wiele innych[23]), Vickers-Maxim wz. 1909 i inne, l. k. m. Maxim wz. 08/15 08/18, Parabellum wz. 1913. |

[21]) Cecha ogólna tej klasy — jedynie możliwy ruch lufy przy strzale jest ku przodowi.

[22]) Dokładniej — środkowa oś nieco głębiej, poza martwym punktem, celem całkowitego zabezpieczenia zaryglowania.

[23]) Wzory te Devouges zalicza do grupy broni mieszanych, a to dlatego, że posiadają wzmacniacz odrzutu u wylotu lufy. Że wzmacniacz taki nie leży w samej istocie typu, najlepszym dowodem są pistolety Parabellum, które funkcjonują doskonale bez wzmacniacza. We wzorach Maxim'a wzmaczniacz został umieszczony po I-sze wobec obrania chłodzenia lufy wodą — szczeliwo w dławnicach powoduje znaczne tarcie, dla przezwyciężenia którego energja odrzutu lufy może okazać się niewystarczającą, po 2-gie w ciężkiej broni maszynowej ciężar części może i powinien być obrany dość dużym, aby zadość uczynić warunkom wytrzymałościowym i zużywalności, zwiększenie zaś ciężaru podlegających odrzutowi części zmniejsza

| Rodzaj | Klasa | Grupa | Typ | Wzór |
|---|---|---|---|---|
| II. Lufa ruchoma | D. Zamek zaryglowany. | 7. Krótki odrzut lufy[24]). | 22. Mauser<br>Zaryglowanie osobnym ryglem wahającym się dookoła osi poziomej i umocowanym u spodu obsady. | Pist. Mauser wz. 1896, 1902 i 1908, Glisenti wz. 1909, Bayard (hiszpański przepisowy). |
| | | | 23. Bergmann<br>Zaryglowanie osobnym ryglem otrzymującym ruch poprzeczny podczas posuwu lufy. Ruch spowodowany jest przez pochylnie umieszczone w komorze zamkowej. | C. k. m. Bergmann wz. 1902. l. k. m. Bergmann wz. 1915, c. k. m. Browning wz. 1917. |
| | | | 24. Steyr<br>Rygiel utworzony przez występ na lufie. Przy ruchu wstecznym odryglowanie następuje wskutek ruchu śrubowego lufy spowodowanego osobnym występem na niej ślizgającym się w śrubowem wyżłobieniu w komorze zamkowej. | Pist. Steyr wz. 1911, Česká Zbrojowka. |
| | | | 25. Colt-Browning<br>Rygiel tworzy występy na górnej powierzchni lufy. Odryglowanie wskutek opadania części komorowej lufy podczas jej ruchu wstecznego. | Pist. Colt wz. 1911 i inne, Browning wz. 1925 i inne (wyr. F. N.). |
| | | | 26. Webley i Scott<br>Rygiel tworzy występ na górnej powierzchni lufy. Podczas ruchu wstecznego lufa prowadzona w komorze zamkowej obniża się równolegle do swej osi. Obsunięcie lufy ku dołowi powoduje jej odryglowanie. | Pist. Webley i Scott wz. 1907 i inne. |

ich energję odrzutu i po 3-cie we wszelkiej broni maszynowej o odrzucie lufy, jeżeli chodzi o szybką kadencję i niezawodność, wzmocnienie odrzutu zmusza do użycia mocniejszej sprężyny powrotnej, wpływa więc na przyśpieszenie kolejnego strzału, oraz nadmiarem zastosowanej do uruchomienia mechanizmów energji zabezpiecza jego niezawodność. Stąd stosowania wzmacniacza odrzutu w k. m. lotniczych, chociaż inne szczegóły konstrukcji ich raczej przeciwwskazują zastosowanie (niema chłodzenia wodą, części k. m. możliwie lekkie, a więc delikatne). Reasumując powyższe, stwierdzam, że wzmacniacz odrzutu nie jest istotną cechą konstrukcji k. m. Maxim'a, nie może być przeto podstawą przy jego klasyfikowaniu.

[24]) Cecha ogólna tej grupy — droga lufy jest krótsza od długości naboju.

| Rodzaj | Klasa | Grupa | Typ | Wzór |
|---|---|---|---|---|
| II. Lufa ruchoma | D. Zamek zaryglowany | 7. Krótki odrzut lufy. | 27. Mannlicher 93.<br>Zaryglowanie symetryczne dwoma osobnemi ryglami na pionowych osiach obrotu. Rygle cofają się solidarnie z lufą. Przesunięcie ich w stosunku do komory zamkowej powoduje odryglowanie. | Kb. Mannlicher wz. 1893, Mauser wz. 1900. |
| | | | 28. F. I. A. T. | C. k. m. F. I. A. T. wz. 1914 |
| | | 8. Długi odrzut lufy[25]. | 29. Roth.<br>Po skończonym ruchu wstecznym lufa z suwadłem idzie ku przodowi, wykonywując ruch śrubowy. Ruch ten powoduje odryglowanie zamka. W końcu ruchu lufy do przodu zamek zostaje zwolniony i działaniem osobnej sprężyny pchnięty do przodu, zamknięty i zaryglowany. | Pist. Roth-Sauer, Roth wz. 1900 (oba półnapinające). |
| | | | 30. Frommer.<br>Po skończonym ruchu wstecznym lufa idzie ku przodowi. Zamek przytrzymywany w komorze zamkowej zmuszony jest do wykonania ruchu śrubowego i odryglowania się. | Pist. Frommer „Stop" i „Baby" |
| | | | 31. Madsen.<br>Trzon zamkowy obracający się dookoła osi poziomej prostopadłej do osi lufy rygluje się samem zamknięciem. Usunięcie łuski i doniesienie kolejnego naboju wykonywują osobne części. | R. k. m. wz. 1903 i inne. |
| | | | 32. Chauchat.<br>Trzon zamkowy zostaje przytrzymany w końcu ruchu wstecznego. Przy rozpoczęciu ruchu powrotnego osobny tłok zaporowy idzie początkowo razem z lufą i suwadłem, przesuwając się w stosunku do trzona zamkowego. Przesunięcie to powoduje obrót tłoka dookoła własnej osi i odryglowanie. | R. k. m. Chauchat wz. 1907, C. S. R. G. wz. 1915. |

[25]) Cecha ogólna tej grupy — droga lufy jest dłuższa od długości naboju.

| Rodzaj | Klasa | Grupa | Typ | Wzór |
|---|---|---|---|---|
| II. Lufa ruchoma | D. Zamek zaryglowany | 8. Długi odrzut lufy | 33. Furrer<br>Zaryglowanie zamka oraz odpalenie następuje podczas ruchu powrotnego lufy[26]). | R. k. m. Furrer wz. 1925. |
| | | | 34. Gabbet-Fairfaks<br>Zamek w końcu ruchu wstecznego zostaje przytrzymany przez spust. Zwolnienie spustu umożliwia ruch powrotny zamku, jego zamknięcie i zaryglowanie. | Pist. „Mars". |
| | | | 35. A. 6. | Kb. rządowej wytwórni franc. typ A. 6. |
| | | | 36. Browning<br>Zaryglowanie osobnym wahającym się dookoła osi poziomej ryglem umieszczonym w trzonie zamkowym. | Strzelba Browning. |

Co do charakterystyk typów zawczasu przygotowany jestem na zarzut, że charakterystyki proponowane są zbyt ogólnikowe, niejasne, niezawsze podkreślające istotę odrębności konstrukcji. Na zarzut ogólnikowości i niejasności odpowiem, że klasyfikacja nie jest podręcznikiem nauki o urządzeniu i funkcjonowaniu broni, a tylko jednym z jej najkrótszych rozdziałów, określenie więc typu nie potrzebuje i nie może zawierać kompletnego opisu, a raczej tylko cechy wyróżniające dany typ z pośród innych. Co do najlepszego ujęcia istoty odrębności, jestem zdania, że określenie takie z jednej strony jak najkrótsze, z drugiej zaś najbardziej bezsporne, podobne musi być do określeń stosowanych w regulaminach. Wiemy jednak ile pracy zbiorowej kosztuje ustalenie w takiem określeniu jednego czasem tylko wyrazu. Nie mogę więc łudzić się nadzieją, że moja praca indywidualna nie będzie wymagała w tym względzie czasem zmian, czasem uzupełnień, czasem skreśleń.

Poza przytoczonem przeze mnie sklasyfikowaniem broni samoczynnych z punktu widzenia zakresu działania gazów prochowych

[26]) Cel urządzenia — uniknięcie wstrząsu broni wskutek zderzenia części ruchomych z nieruchomemi przy ruchu powrotnym. Oczekiwany skutek — zwiększenie celności broni przy ogniu ciągłym.

i z punktu widzenia sposobu wykorzystania tych gazów, do pomyślenia są klasyfikacje z punktu widzenia kalibru, wymiarów, ciężaru, mocy poszczególnego strzału oraz wydajności ogniowej, jak również z punktu widzenia użycia taktycznego, wynikającego zresztą z wymienionych wyżej cech ciężaru, mocy i wydajności.

Co do cech na początku wymienionych, to klasyfikacja broni na ich podstawie, aby być wyczerpującą i użyteczną, musiałaby objąć i bronie niesamoczynne, to zaś przekroczyłoby zadania niniejszego artykułu, klasyfikacja zaś z punktu widzenia taktycznego należy poza tem raczej do taktyków, a nie do konstruktorów ,przeto też, mojem zdaniem, nie byłaby w tem miejscu właściwą.

Ppłk. inż. RAKOWSKI HENRYK.

# SPRAWA BADAŃ NAUKOWYCH W DZIEDZINIE PROCHÓW I MATERJAŁÓW WYBUCHOWYCH.

W artykule niniejszym po krótkim wstępie, omawiającym sprawę instytucyj badawczych w przemyśle chemicznym wogóle, podany jest opis kilku chemicznych zakładów badawczych zagranicznych, wojskowych i przemysłowych, obsługujących przez swe prace uzbrojenie odnośnych armij bezpośrednio lub pośrednio.

Część tych zakładów nie istnieje już obecnie, gdyż w wyniku wojny światowej zlikwidowano je, inne uległy pewnej reorganizacji.

Przytoczony niżej opis jest niejednolity i daleki od wyczerpania tematu. Tłumaczy się to różnorodnością źródeł, z których czerpano materjał do artykułu i pewną tajemniczością, jaką instytucje te są zwykle otaczane. Pomimo to unaocznia on potrzebę badań, tak ogólnych jak i specjalnych, dla rozwoju techniki uzbrojenia i wykazuje kierunki, w jakich może i powinna iść organizacja chemicznych instytucyj badawczych uzbrojenia.

---

Racjonalne postawienie większego zakładu przemysłowego i odniesienie sukcesu w walce konkurencyjnej możliwe jest tylko wtedy, gdy procesy fabrykacji, stosowane w danym zakładzie, poddawane są stałym badaniom naukowym i ulepszeniom. Zakład, korzystający z przestarzałych metod fabrykacji i liczący tylko na przypadkowe odkrycia i ulepszenia, na dłuższą egzystencję liczyć nie może. Prawu

temu, narówni z każdą gałęzią przemysłu, podlega i przemysł wojenny.

Przy dzisiejszym stanie nauk ścisłych i stosowanych większość wynalazków jest obecnie wynikiem głębokiej wiedzy i długotrwałych studjów w danej dziedzinie, a zakres możliwości odkryć przypadkowych zwęził się prawie do zera. W szczególności w pewnych, więcej ważnych gałęziach przemysłu chemicznego, prowadzonych przez wykwalifikowanych inżynierów-chemików, zaczęto w ostatnich latach kwestjonować i sprawdzać wszystkie procesy fabryczne, a nawet dogmaty, niepodlegające dotychczas żadnym wątpliwościom. Duch obecnych czasów wymaga, abyśmy nietylko wiedzieli, jak dany produkt wyrabia się, ale abyśmy wyjaśnili sobie, dlaczego wyrób tego produktu jest taki a nie inny i dlaczego nie można go ulepszyć.

W Niemczech, gdzie przed światową wojną przemysł chemiczny był rozwinięty silniej, niż w jakimkolwiek bądź innym kraju, potrzebę badań naukowych rozumiano oddawna. Wielkie prywatne wytwórnie chemiczne (barwników, materjałów wybuchowych i t. p.) posiadały wspaniale urządzone laboratorja, stacje doświadczalne, bogate bibljoteki i całe sztaby chemików, którzy mieli za zadanie prowadzenie badań naukowych, zmierzających do ulepszeń procesów fabrykacyjnych i do wykrywania nowych produktów. „Armja" niemieckich chemików, w ilości 30.000 ludzi, w bardzo znacznym stopniu przyczyniła się do siły militarnej Niemiec podczas wojny światowej. Francja ze swymi 2.500 chemików miała pod tym względem bardzo utrudnioną konkurencję, którą mogła wytrzymać tylko dzięki otwartej komunikacji ze Stanami Zjednoczonemi A. P. i pomocy tego olbrzymiego pod każdym względem rezerwuaru [1]).

Podczas wojny światowej wyłonił się jaskrawo niedostateczny rozwój przemysłu chemicznego i brak odnośnych laboratorjów badawczych w państwach Ententy. Pomimo, że państwa te nie miały odciętego dowozu, wkrótce po rozpoczęciu wojny zaczęto odczuwać brak tych lub innych surowców, wyłoniła się konieczność wyszukiwania materjałów zastępczych i badania procesów fabrykacyjnych w celu ich uproszczenia i skrócenia, wzrosło ogromnie zapotrzebowanie na chemików, jak również na aparaty i przyrządy do badań i t. d. Aby zaradzić potrzebie, zaczęto nagwałt poszukiwać odpowiednio wykwalifikowanych techników, wycofywać ich z frontu, tworzyć najrozmaitsze komisje techniczne, budować laboratorja i stacje doświad-

---

[1]) Liczbę chemików niemieckich i francuskich podano podług prof. K. Moureu. Przez Niemców liczby te są kwestjonowane.

czalne i opanowano sytuację tylko z wielkim trudem dzięki wspólnym wysiłkom i stosunkowo bogatym zasobom surowców.

Karol Moureau, profesor chemji w Collège de France, w książce swej, wydanej wkrótce po wojnie [2]), w rozdziale, traktującym o organizacji i ważności poszukiwań naukowych w dziedzinie chemji, utyskuje na niedomagania pod tym względem we Francji przed wojną i podkreśla, że przemysłowa potęga Niemiec, na której polegała ich potęga militarna, powstała dzięki należytemu zrozumieniu ważności chemji. Rozwój chemji i fizyko-chemji, wywołany przez należyte zorganizowanie badań w tej dziedzinie, spowodował rozwój przemysłu, rolnictwa i siły militarnej państwa.

Po ostatniej wojnie przemysł chemiczny, jako jedną z głównych podstaw obrony kraju, zaczęto wszędzie rozbudowywać mniej lub więcej systematycznie przy czynnem poparciu władz i kas państwowych.

Wytwórnie barwników we Francji i Anglji, nie mogąc po wojnie współzawodniczyć z wytwórniami niemieckiemi, weszły z niemi w porozumienie i za odstąpienie pewnej części zysków uzyskały rozgraniczenie rynków zbytu i pomoc techniczną. Rząd angielski w 1922/23 roku na prace badawcze w dziedzinie barwników asygnuje 100.000 funtów szterlingów. W Stanach Zjedn., gdzie przed wojną było 7 wytwórni barwników, po wojnie, przy słono opłacanej pomocy wytwórni i techników niemieckich, powstaje ich 118 z kapitałem 200 miljonów dolarów.

Laboratorja badawcze i stacje doświadczalne podczas ostatniej wojny i po niej w koncernach przemysłowych amerykańskich zaczynają sobie coraz więcej zyskiwać prawo obywatelstwa. Firma Du Pont de Nemours Co, produkująca podczas wojny w nadzwyczajnie wielkich ilościach prochy i materjały wybuchowe, zatrudniała przy pracach badawczych w tej dziedzinie w 1915 r. — 212 ludzi, a w końcu 1918 r. — 987 ludzi [3]).

Po wojnie firma ta produkuje sztuczny jedwab, barwniki, prochy bezdymne i czarne, materjały wybuchowe kruszące, lakiery, sztuczną skórę i t. p. i zatrudniała w 1927 r. łącznie 19.852 pracowników. W spisie 47 wytwórni i zakładów firmy z 1927 r. figurują, jako samodzielne instytucje, 1 stacja (Experimental Station) i 4 labo-

---

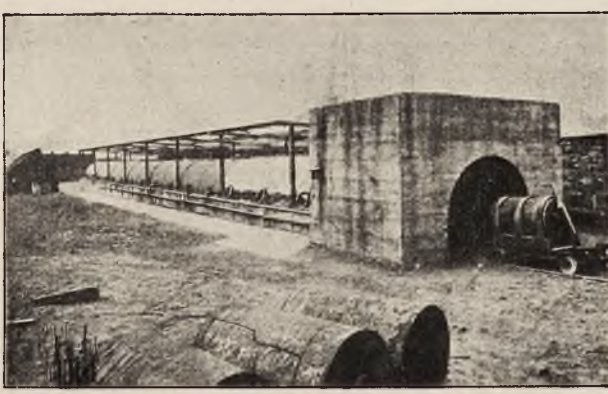
[2]) Książka prof. R. Moureu w polskim przekładzie pod tytułem „Chemja i wojna. Nauka i przyszłość" wydana była w 1923 r. przez Wojsk. Instytut Naukowo-Wydawniczy.

[3]) p. A. History of the Du Pont Company's Relation with the U. S. Government 1802—1927.

ratorja doświadczalne (Jachson, Brandwine, Technical i Eastern) o łącznej ilości 617 pracowników, co stanowi 3,1% od ogólnej ilości pracowników firmy. W dziale prochów i materjałów wybuchowych odsetek ten jest znacznie wyższy: wytwórnia prochów bezdymnych w Carney's Point zatrudnia 411 pracowników, odnośne laboratorjum doświadczalne — Brandwine — 45 (około 11%), wytwórnia dynamitów w Repauno — 698, a laboratorjum Eastern — 84 (12%). Laboratorja te, szczególnie laboratorjum Eastern, są bardzo bogato wyposażone w urządzenia, aparaturę, bibljoteki i t. p., co miałem możność stwierdzić osobiście.

Laboratorjum Eastern, obok wytwórni dynamitów w Rapauno, składa się z dużego laboratorjum chemicznego, bogatej bibljoteki, instalacyj do doświadczalnej półfabrycznej produkcji materjałów wybuchowych, sztolni doświadczalnej i całego szeregu specjalnych przyrządów do badania mat. wybuchowych, jak wahadło balistyczne (moździerz), wahadło do badania wrażliwości mat. wybuchowych na tarcie, bomby kalorymetryczne, bloki Trauzla i t. p., a nawet prasy do wyrobu na miejscu spłonek detonujących [4]. Całość obejmuje dwadzieścia kilka budynków i budyneczków, rozrzuconych na bardzo dużym terenie.

Nie posiadając zdjęć z powyższych urządzeń, podaję 2 zdjęcia ze stacji doświadczalnej górniczej (Bureau of Mines) w Pittsburg'u [5], a mianowicie: rys. 1 — przedstawia sztolnię doświadczalną, w której



Rys. 1.

[4]) W Stanach Zjedn. A. P. wolno jest przewozić kolejami luźny piorunjan rtęci z zawartością wody ponad 25%.

[5]) Podług Bulletin 66, Bureau of Mines, 1913 r.

bada się, jaki ładunek danego mat. wybuchowego wywołuje eksplozję gazów kopalnianych i pyłu węgielnego; rys. 2 — przedstawia wahadło do badania wrażliwości mat. wybuchowych na tarcie.



Rys. 2.

Powyższe urządzenia są prawie identyczne z urządzeniami laboratorjum Eastern.

Laboratorjum Brandwine przedstawia się mniej okazale, gdyż mieści się obok stacji doświadczalnej (Experimental Station), obsługującej wszystkie zakłady firmy i zatrudniającej 184 pracowników, może więc w razie potrzeby korzystać z bogatych urządzeń tej stacji. Z urządzeń Brandwine zasługują na uwagę ładna dwutorowa strzelnica broni małokalibrowej (wojskowej i myśliwskiej) i 2 specjalne budynki — termostaty dla badania stałości prochów bezdymnych, jeden budynek o stałej temperaturze 65° C., drugi — 30° C. Strzelnicy działowej firma nie posiada, a wszelkie badania balistyczne prochów działowych przeprowadza za pewną opłatą (od strzału) na poligonie doświadczalnym amerykańskiej armji w Aberdeen lub na poligonie marynarki w Dahlgren.

Poza wskazanemi laboratorjami badawczemi każda wytwórnia firmy posiada własne laboratorjum fabryczne, a wytwórnia prochów

bezdymnych w Carney's Point i własną strzelnicę broni małokalibrowej [6]).

Narówni z przemysłem mniej lub więcej intensywnie prowadzi badania w specjalnych własnych laboratorjach i na poligonach doświadczalnych służba uzbrojenia armji i marynarki w każdym większym kraju. Wyniki tych badań utrzymywane są, o ile to jest możliwe, w tajemnicy, aby wyzyskać moment zaskoczenia nieprzyjaciela w razie wojny. Dopiero wtedy wyłaniają się w pełni wyniki prac badawczych służby uzbrojenia, wyniki, niejednokrotnie wpływające zasadniczo na bieg wojny. Ograniczając się do dziedziny materjałów wybuchowych, wyobraźmy sobie bieg wojny światowej, gdyby Niemcy nie umieli produkować kwasu azotowego z powietrza lub nitrocelulozy do wyrobu prochów bezdymnych z celulozy drzewnej. Wobec odcięcia dowozu wszelkich produktów do Niemiec wojna trwałaby prawdopodobnie nie lata, a zaledwie miesiące, Przy braku amunicji nie pomogłyby świetne wyszkolenie i wysoki duch niemieckiej armji.

Na łamach Przeglądu Artyleryjskiego w artykułach rozmaitych autorów poruszano już niejednokrotnie temat przemysłu wojennego i służby uzbrojenia w Niemczech. W uzupełnieniu tych artykułów przytaczam poniżej zarys historyczny niemieckich instytucyj badawczych, zatrudnionych w pierwszym rzędzie sprawami prochów i materjałów wybuchowych.

W dalszym ciągu artykułu omawiam głównie kwestję badań prochów, mat. wybuchowych i częściowo amunicji, pomijając prace badawcze w zakresie innych działów uzbrojenia lub wspominając o nich tylko wyjątkowo i bardzo pobieżnie.

Do stosunkowo wysokiej sprawności technicznej armji niemieckiej podczas wojny światowej w bardzo znacznym stopniu przyczynił się niewątpliwie między innemi Urząd Badań Wojskowych (Militärversuchsamt). Urząd ten utworzono w 1889 roku w Spandau pod nazwą „Zentralversuchsstelle für Explosivstoffe". Był to czas wprowadzania na uzbrojenie armji prochów nitrocelulozowych i nitroglicerynowych, jak również materjałów wybuchowych kruszących (kwasu pikrynowego) wzamian uniwersalnych dotychczas prochów czarnych.

Urząd pełnił funkcje instytucji doradczej przy wyższych wła-

---

[6]) Laboratorjum Brandwine jest na krańcu miasta Wilmington w stanie Delaware. Od Wilmingtonu do Carney's Point — pół godziny drogi samochodem i promem przez rzekę Delaware. Od Wilmingtonu do poligonu Aberdeen około 80 km i do Dahlgren — około 200 km.

dzach wojskowych we wszystkich kwestjach chemicznych i fizycznych, wchodzących w zakres techniki strzelniczej i wybuchowej. Ponadto współdziałał on w odnośnych pracach z komisją Badań Artyleryjskich i Komisją Badań Karabinowych. W 1897 r. „Zentralversuchsstelle" przemianowano na „Militärversuchsamt" i usamodzielniono go. W październiku 1900 r. Militärversuchsamt przeniesiono ze Spandau do Berlina na Jungfernheide (na skrzyżowaniu Tegeler Weges i Spandauer Schiffahrtskanal).

Początkowo Urząd podlegał Głównemu Zarządowi Artylerji (Feldzeugmeisterei), a następnie Pruskiemu Ministerstwu Wojny.

W pierwszych latach swego istnienia Urząd dzielił się na dwa wydziały chemiczne, zajmujące się sprawami prochów i mat. wybuchowych kruszących i jeden wydział fizyczny, badający kwestje balistyczne. W następstwie wyłoniła się potrzeba zajęcia się również kwestjami mechaniczno-technicznemi i metalurgicznemi, na skutek czego utworzono wydział mechaniczno-techniczny, łącząc jednocześnie dotychczasowe dwa wydziały chemiczne w jeden.

Militärversuchsamt wykonywał zlecenia Ministerstwa Wojny, Głównego Zarządu Artylerji, Komisji Badań Artyleryjskich, Komisji Badań Karabinowych, Komisji Transportowej, jak również innych władz wojskowych i instytucyj techniczno-wojskowych. Poza tem badał on odnośne kwestje według własnego wyboru. W następstwie zaczęto go coraz częściej powoływać do rozwiązywania naukowo-technicznych zadań i udzielania opinij innym władzom państwowym, jak Państwowemu Urzędowi Marynarki, Zarządowi Kolei Państwowych, Ministerstwu Przemysłu i Handlu. Z odnośnym przemysłem prywatnym Militärversuchsamt był stale w ścisłym kontakcie.

Zaczynając od roku 1892 Urząd w rocznych sprawozdaniach zestawiał ważniejsze wyniki prac, osiągnięte w okresie sprawozdawczym. Sprawozdania te były poufne i dostępne tylko dla władz wojskowych.

Personel naukowy Urzędu składał się początkowo z 3 szefów wydziałów i 3 asystentów. Przed wybuchem wojny światowej składał się on już z 16 urzędników naukowych (dyrektora, 3 szefów wydziałów, 10 pracowników naukowych i 2 sił pomocniczych naukowych) i z 45 urzędników administracyjnych, rzemieślników i laborantów.

Podczas wojny działalność Militärversuchsamt'u znacznie rozszerzyła się, wskutek czego personel naukowy z 16 podwyższono do 52, a cały personel z 60 do 240 osób, a więc czterokrotnie.

Z działalności Urzędu podczas wojny zestawiono 3 sprawozdania: w 1917, 1918 roku i ostatnie w parę lat po wojnie.

Obok bieżących badań prochów, materjałów wybuchowych i najrozmaitszych innych materjałów, zajmował się Urząd podczas wojny przeważnie kwestją materjałów zastępczych (namiastek).

Konieczność stosowania materjałów wybuchowych pomocniczych i zastępszych wyłoniła się już wkrótce po wybuchu wojny wobec tego, że używane podczas pokoju do nabijania amunicji materjały wybuchowe (trotyl i kwas pikrynowy) wskutek braku surowców nie mogły być produkowane w ilościach, odpowiadających wojennemu zapotrzebowaniu na nie. Urząd zajął się kwestją materjałów zastępczych i w pierwszym rzędzie zaproponował rozrzedzanie materjałów wybuchowych saletrą amonową, produkowaną w Niemczech w dużych ilościach sposobem syntetycznym.

Podobnie miała się również sprawa zaopatrzenia frontu w prochy. Zapasy bawełny, wyjściowego produktu do fabrykacji prochów bezdymnych, były niewielkie. Zmusiło to do przejścia na celulozę drzewną. Pierwsze badania i próby zastosowania celulozy drzewnej do wyrobu prochów bezdymnych były wykonane jeszcze przed wojną (w 90-tych latach zeszłego stulecia) przeważnie w Militärversuchsamt'ie.

Bardzo czynny udział przyjmował Urząd również przy próbach zastosowania do wyrobu prochów nitroglicerynowych gliceryny fermentacyjnej z cukru zamiast gliceryny z tłuszczów, których było brak.

Wreszcie, na wniosek i na podstawie prac badawczych Militärversuchsamt'u zaczęto stosować w amunicji artylerji polowej proch amonowy, jako pomocniczy do prochu bezdymnego. W przeciwieństwie do tego ostatniego proch amonowy do produkcji swej nie wymagał mocnych kwasów, alkoholu i eteru.

Na szeroką skalę prowadził Urząd badania środków konserwujących do broni, skóry i t. p. Brak tych środków zmuszał do wyszukiwania odpowiednich namiastek.

Bardzo obszerne były również prace Militärversuchsamt'u nad rozmaitemi rodzajami stali do produkcji broni i pocisków i nad metalami zastępczemi. Przeprowadzono gruntowne naukowo-techniczne badania metali i stopów zastępczych, zastosowanych podczas wojny, jak stopów glinu i cynku do produkcji zapalników, żelaza miękkiego i cynku na pierścienie prowadzące pocisków i t. d.

Powyższy wykaz obejmuje tylko najważniejsze problemy, rozwiązane przez Militärversuchsamt lub przy jego czynnym współudziale.

Poza tem prowadzono w Militärversuchsamt'ie próby ulepszenia amunicji i sprzętu wojskowego jak również badania, zmierzające do ułatwienia i zwiększenia bezpieczeństwa produkcji amunicji, prochów i mat. wybuchowych, wyjaśniano przyczyny eksplozyj i pożarów w wytwórniach i zakładach amunicyjnych, opracowywano przepisy fabrykacji i odbioru odnośnych materjałów.

Wobec tego, że zapalniki czasowe nie odpowiadały podwyższonym podczas wojny wymaganiom co do równomierności palenia się ich, Militärversuchsamt zbadał przyczyny odchyleń w czasie palenia się ścieżek prochowych i objął w całym kraju nadzór nad przyrządami, stosowanemi do badania zapalników czasowych.

Po wojnie światowej zachowanie Militärversuchsamt'u, jako instytucji wojskowej, było niemożliwe. Wobec tego na międzyministerjalnej konferencji dnia 5 grudnia 1919 r., przy udziale przedstawicieli świata naukowego i przemysłu chemicznego, Urząd Badań Wojskowych (Militärversuchsamt) przemianowano na „Chemiczno-techniczny Zakład Państwowy" (Chemisch-Technische Reichsanstalt), przekazano go Ministerstwu Spraw Wewnętrznych i wytyczono mu nowy zakres działania.

Pierwsze lata po wojnie silnie uszczuplony personel zakładu zajęty był pracami, związanemi z demobilizacją materjałową, w szczególności z ochroną pozostałych po wojnie zapasów amunicji i materjałów wybuchowych i z wykorzystaniem lub niszczeniem ich w terminie, określonym w traktacie pokojowym. Wobec tego tylko stopniowo mógł on przejść do wykonywania nowych swych zadań, o czem będzie mowa niżej.

W styczniu 1920 r. Ministerstwo Odbudowy zleciło Reichsanstalt'owi jako byłemu Urzędowi Badań Wojskowych wypełnienie kwestjonarjuszy ($P_1$ i $P_2$), przedłożonych w powołaniu się na art. 171 i 172 traktatu Wersalskiego przez Międzyaljancką Komisję wojskową, kontrolującą w Niemczech broń i amunicję. W kwestjonarjuszach żądano dokładnego podania:

składu chemicznego, jak również własności fizycznych i balistycznych wszystkich materjałów wybuchowych miotających, kruszących i inicjujących, stosowanych podczas wojny w armji i marynarce niemieckiej;

szczegółowych opisów i rysunków aparatury, stosowanej przy produkcji tych materjałów;

materjałów, stosowanych celem zmniejszenia znanych a niepo-

żądanych zjawisk, występujących przy strzelaniu prochami bezdymnemi, jak płomień wylotowy, dym i wypalanie luf broni;

opisu surowców, stosowanych przy produkcji prochów i materjałów wybuchowych;

podania najnowszych spososób fabrykacji tych surowców, w szczególności sposobów fabrykacji gliceryny, alkoholu, acetonu i celulozy drzewnej (jako namiastki bawełny);

podania metod badania materjałów wybuchowych miotających, kruszących i inicjujących, jak również metod badania produktów wyjściowych do fabrykacji powyższych mat. wybuchowych.

Wypełnienie wskazanego zlecenia wymagało zebrania odnośnych danych z wytwórni prochów i mat. wybuchowych i od wielkiego przemysłu chemicznego, który przyjmował bardzo czynny udział w produkcji tych materjałów podczas wojny. Po zebraniu materjałów opracowano w Reichsanstalt'ie odpowiedzi na kwestjonarjusze i przekazano je Ministerstwu Odbudowy.

Odpowiedzi te jednak nie zadowoliły Międzyaljanckiej Komisji Kontrolnej. Fachowi rzeczoznawcy tej Komisji ułożyli nowe kwestjonarjusze, zmierzające do szczegółowszego zbadania zdolności produkcyjnej niemieckiego przemysłu chemicznego, pracującego podczas wojny na zamówienia wojskowe. Żądanie to wypełniono ponownie za pośrednictwem Reichsanstalt'u. Przy opracowaniu odpowiedzi, nadesłanych przez chemiczne zakłady przemysłowe na nowe kwestjonarjusze, częściowo współdziałał Instytut chemji fizycznej im. ces. Wilhelma (Kaiser-Wilhelm-Institut für physikalische Chemie), który otrzymał analogiczne zadanie w kwestjach, dotyczących środków walki gazowej.

Poza tem na zlecenie Komisarza odbudowy zniszczonych terenów wojennych Reichsanstalt w 1921 r. skonstruował aparat do wykrywania niewybuchniętych pocisków, wbitych w ziemię. Aparat ten, przenośny, skonstruowany na zasadach wagi indukcyjnej Hughes'a, pociski kalibru 8 cm wykrywał na głębokości do 40 cm pod powierzchnią ziemi [7]).

Na tem, można uważać, kończy się działalność zakładu, jako byłego Militärversuchsamt'u. Organizacja i normalny zakres prac Reichsanstalt'u podane będą niżej, a obecnie przechodzimy do drugiej instytucji badawczej, która na równi z Militärversuchsamt'em przyczyniła się do siły militarnej Niemiec podczas ostatniej wojny.

---

[7]) Zarys historji Militärversuchsamt'u i Reichsanstalt'u podano podług sprawozdań Reichsanstalt'u I z 1920 21 r. i II z 1921/22 r.

Instytucją tą był „Centralny zakład naukowo-technicznych badań w Neubabelsberg" (Zentralstelle für wissenschaftlich-technische Untersuchungen in Neubabelsberg).

Projektodawcą tej instytucji był Max von Duttenhofer, uważany przez Niemców za wynalazcę pierwszego prochu bezdymnego do broni wojskowej [8]. Dzięki usilnym jego zabiegom, po wyrównaniu pewnych sprzeciwów, w maju 1898 roku ufundowano wskazany zakład badawczy kosztem zgórą 2 miljonów marek, zebranych od przedsiębiorstw prywatnych, produkujących prochy, materjały wybuchowe, amunicję lub broń, ufundowano pomimo tego, że istniały już analogiczne instytucje rządowe, jak Militärversuchsamt i Urząd badania materjałów (Materialprüfungsamt) w Lichterfelde i instytuty badawcze przy wyższych zakładach naukowych technicznych. Udziałowcy zakładu w Neubabelsberg rozumieli, że tylko własna instytucja badawcza, pracująca wyłącznie dla celów danego przemysłu, w ścisłej łączności z nim i zależna tylko od tego przemysłu, będzie dla niego prawdziwą pomocą i przyczyni się do jego rozkwitu. Nie szczędzili więc kosztów na założenie i dalszą rozbudowę tej placówki.

Zakład zainstalowano w Neubabelsberg, w odległości pół godziny jazdy koleją od Berlina, zakupując tam 8 ha gruntu na własność i wydzierżawiając sąsiednie lasy skarbowe tak, że ogółem zakład rozporządzał 30 ha ziemi. Bliskość stolicy, centrum życia naukowego i przemysłowego kraju, siedziby władz państwowych i przemysłowych, dawała zakładowi możność korzystania ze stołecznych pomocy naukowych, bibljotek i t. p. jak również bezpośredniego porozumiewania się z odnośnemi władzami. Jednocześnie stałe przebywanie w zdrowej lesistej miejscowości mogło na personel zakładu wpływać tylko dodatnio.

Wkrótce, celem rozszerzenia zakładu i umożliwienia mu przeprowadzania badań w warunkach fabrycznych, zakupiono dalsze 70 ha gruntu w pobliżu Königswusterhausen. Zaprowadzono tu w celach badawczych produkcję materjałów wybuchowych na skalę fabryczną, magazynowano je w dużych ilościach, przeprowadzano badania balistyczne broni małokalibrowej i dział, badano na dużych

---

[8]) Duttenhofer w 1883 r. wyprodukował proch z drzewnej masy, znitrowanej i zżelatynowanej przy pomocy eteru octowego, ziarnowany jak proch czarny. W 1884 r. zakupiono 400 tonn tego prochu (Rottweiler-Cellulose-Pulver) dla niemieckiej armji. Nie posiadał on zalet prochów bezdymnych Vieille'a; w szczególności, nie posiadał podstawowej własności prochów bezdymnych — palenia się równoległemi warstwami.

instalacjach sprawę zabezpieczenia pracowni i magazynów mat. wybuchowych od piorunów i t. d.

W 1902 i 1903 r. poddano tu gruntownym badaniom między innemi metodę Ostwalda otrzymywania kwasu azotowego z amonjaku i powietrza, przez co przyczyniono się do uniezależnienia Niemiec podczas wojny od przywozu saletry chilijskiej.

Bardzo ważny dla celów wojny był również oparty na długotrwałych badaniach wynalazek Zentralstelle, polegający na dodawaniu kilku procentów centralitu do masy prochowej przy fabrykacji prochów bezdymnych o niskiej zawartości nitrogliceryny. Przez wynalazek ten proces fabrykacji grubościennych rurkowych prochów nitroglicerynowych, trwający dawniej parę miesięcy, skrócił się do dwóch dni.

Podczas wojny zakłady, dostarczające maszyny i aparaty do wytwórni prochów i mat. wybuchowych, odczuwały silny brak odpowiednich materjałów do swej produkcji. Stosowanie do tego celu materjałów niższych gatunków lub nieodpowiednich materjałów zastępczych powodowało nieszczęśliwe wypadki przy produkcji prochów i mat. wybuchowych. Wyjaśnienie tej sprawy i dobór odpowiednich materjałów zastępczych spadły na Zentralstelle.

Poza tem przeprowadzono w Zentralstelle wiele cennych badań z materjałami wybuchowemi, stosowanemi w przemyśle (z dynamitami, materjałami chloranowemi i nadchloranowemi, oksylikwitami i t. p.), co ułatwiło podczas wojny pokrycie zapotrzebowania przemysłu prywatnego na materjały wybuchowe.

W wyniku wojny światowej ogromnie ograniczona została w swej działalności ta gałęź przemysłu niemieckiego, której Zakład badawczy w Neubabelsberg zawdzięczał swe istnienie i rozkwit. Okoliczność ta spowodowała zawieszenie czynności Zentralstelle. W oczekiwaniu lepszych czasów instytucja nadal jest rejestrowana jako spółka z ograniczoną odpowiedzialnością, jednak narazie bez własnych pracowni, kosztowne zaś urządzenia zakładu przekazano Instytutowi im. ces. Wilhelma i Chemiczno-technicznemu Zakładowi Państwowemu [9]).

Po wojnie światowej ze skasowaniem Militärversuchsamt'u i Zentralstelle zarówno armja niemiecka jak i przemysł, produkujący amunicję i elementy jej, pozbawione zostały własnych instytucyj badawczych. Większość zadań, wypełnianych przez te instytucje, weszło

[9]) Zarys historji Zentralstelle podano podług artykułu prof. Brunswiga w „Zeitschrift für angewandte Chemie" z 1923 r. Nr. 37/38.

w program prac nowoutworzonego Chemiczno-technicznego Zakładu Państwowego (Reichsanstalt'u).

Program ten w założeniu obejmował:

1. Badania sprawy ochrony pracowników i zabezpieczenia od nieszczęśliwych wypadków przy produkcji, przechowywaniu, transportach i użyciu materjałów wybuchowych i palnych; opracowywanie odnośnych przepisów urzędowych.

Badania kwestyj, związanych z eksplozjami gazów kopalnianych.

Badania przebiegu eksplozyj (szybkości detonacji, rozchodzenia się fal wybuchowych w powietrzu, składu gazów powybuchowych).

Badania celuloidu, pirotechnicznych i innych łatwo zapalnych materjałów i płynów, ze szczególnem uwzględnieniem niebezpieczeństwa pożarów i eksplozyj przy manipulacjach z niemi.

Na zlecenia Centralnego Urzędu Nadzorczego (Ministerstwa Pracy) łączny z urzędami przemysłowemi i Związkiem Zawodowym przemysłu chemicznego nadzór nad wytwórniami, w których zagraża niebezpieczeństwo eksplozyj.

Wyjaśnianie przyczyn samozapaleń, pożarów, eksplozyj i nieszczęśliwych wypadków, zachodzących przy produkcji lub manipulacji z materjałami wybuchowemi, jak również wypadków z bronią palną ręczną.

W zakresie powyższych spraw udzielanie swych opinij władzom Państwowym, Związkowi Zawodowemu przemysłu chemicznego i przemysłowi prywatnemu.

2. Chemiczno-techniczne badania ważnych dla gospodarki krajowej surowców i gotowych wyrobów przemysłu chemicznego (częściowo, jako dalszy ciąg poprzednich badań Militärversuchsamt'u):

Zastosowanie zamiast bawełny celulozy drzewnej do produkcji rozmaitych gatunków nitrocelulozy, używanych przy fabrykacji celuloidu ,filmów, lakierów, jedwabiu sztucznego i t. p. Wykorzystanie odpadków drzewnych (opiłek) do produkcji z nich spirytusu i przetworzenie ługów posiarczynowych, otrzymywanych w wielkich ilościach jako odpadek przy fabrykacji celulozy drzewnej, na wartościowe produkty techniczne (kleje, środki impregnujące i t. p.).

Poszukiwania namiastek gliceryny, kamfory, olejów i tłuszczów (jako surowców do produkcji, lub jako smarów, środków konserwujących i zabezpieczających od rdzewienia).

Badania produktów wyjściowych do produkcji materjałów pędnych, materjałów wybuchowych górniczych, materjałów inicjujących i materjałów niebezpiecznych pod względem pożarowym (nitrocelu-

lozy, nitrozwiązków i surowców do ich wyrobu, saletry amonowej, chloranów, nadchloranów i t. p.)

Sprawdzanie i opracowywanie metod badania ważniejszych produktów przemysłu chemicznego, w szczególności metod szybkich; ustalanie i sprawdzanie przepisów odbiorczych władz państwowych na produkty chemiczne.

3. Badania techniczne metali jak również badania fizyczno-techniczne i mechaniczno-techniczne:

Ustalanie naprężeń w materjałach warsztatowych przy eksplozjach.

Próby technicznego wyzyskania eksplozyj (silniki wybuchowe).

Badania zastępczych metali i stopów metalowych.

Opracowanie sposobów zabezpieczania metali od korozji (na zlecenie Państwowego Wydziału zabezpieczania metali).

Projektowanie i wykonywanie aparatów i przyrządów do badań na użytek Zakładu i dla innych instytucyj badawczych. Sprawdzanie i opinjowanie tych aparatów.

Początkowo Reichsanstalt składał się z 3 wydziałów (dwóch chemicznych i jednego fizycznego) i z dwóch samodzielnych laboratorjów (technicznego laboratorjum metali i laboratorjum mechaniczno-technicznego).

W 1925 r. widzimy już nieco inny podział na wydziały, a mianowicie:

wydział ogólnej chemji (Dr. Rimarski),
„ mat. wybuchowych (Prof. Dr. Kast) [10]),
„ chemji metali i zabezpieczenia metali (Dr. Maas),
„ fizyki (Dr. Ritter).

Personel Zakładu składał się w tym czasie poza personelem administracyjnym z 18 naukowych pracowników, 16 — laboratoryjnych i 14 — warsztatowych [11]).

Od chwili swego powstania do 1929 r. Reichsanstalt ogłosił drukiem 7 sprawozdań ze swej działalności. Pierwsze sprawozdania były dość ogólnikowe i zajmowały około 50 stron druku, następne są coraz treściwsze i obszerniejsze. Sprawozdanie VII stanowi już tom o 275 stronach druku.

Tak przedstawiała się w Niemczech przed wojną i przedstawia obecnie sprawa badań w dziedzinie materjałów wybuchowych.

---

[10]) Autor książki „Spreng-und Zündstoffe" wyd. 1921 r. i wielu innych prac.
[11]) p. Zeitschrift f. d. g. Schiess-und Sprengstoffwesen 1925 r. s. 61.

Przedwojenna organizacja stacyj badawczych niemieckich, składająca się z jednej strony z Militärversuchsamt'u, instytucji wojskowej, badającej pewien dział uzbrojenia z punktu widzenia odbiorcy i spożywcy i z drugiej strony z Zentralstelle, instytucji badawczej producentów, badającej tenże dział ze swego punktu widzenia w celach ulepszenia produkcji i jak najściślejszego dostosowania się do wymagań odbiorcy, t. j. wojska, była bardzo celowa i zasługująca na najwyższe uznanie. Organizacja ta umożliwiła silny rozwój odnośnego przemysłu podczas pokoju i sprawne dostosowanie się jego do zmienionych warunków podczas wojny. Jedna instytucja była uzupełnieniem drugiej. Militärversuchsamt opracowywał warunki odbiorcze, dostosowane do możliwości przemysłu w danym okresie, Zentralstelle opracowywało i ulepszało metody fabrykacji w myśl życzeń i interesów wojska. Opanowanie przedmiotu przez obie strony i możność sprawdzenia w każdej chwili twierdzenia drugiej strony podnosiło wzajemne zaufanie, wykluczało bezprzedmiotowe tarcia i przyczyniło się do rozkwitu wspólnej sprawy.

Zastanawiając się nad liczbą pracowników Militärversuchsamt'u i Reichsanstalt'u i nad wynikami ich pracy, dochodzi się do przekonania, że przy odpowiedniej organizacji i wyrobieniu fachowem pracowników można ze stosunkowo bardzo małą ich liczbą dojść do świetnych wyników i oddać znakomite usługi swemu krajowi. Możliwe jest to jednak tylko przy wielkiej systematyczności pracy w ciągu dłuższego okresu czasu, mając do rozporządzenia odpowiednio wyposażone pracownie i w ścisłej fachowej współpracy z innemi zainteresowanemi resortami. Przykład wyżej wskazanych instytucyj dowodzi również, że stacje doświadczalne, nawet najlepiej zorganizowane, nie robią epokowych wynalazków na zamówienie, a żmudną, systematyczną pracą, zmierzającą do wszechstronnego wyjaśnienia pewnych kwestyj, czasami napozór bardzo małoważnych, przyczyniają się niejednokrotnie w dużym stopniu do postępów w danej dziedzinie, rozwoju danej gałęzi przemysłu, podniesienia dobrobytu i wzrostu potęgi militarnej kraju. Personel, kształcony w takich instytucjach, wyrobiony fachowo w danej dziedzinie wiedzy, potrafi nawet w najbardziej trudnej sytuacji znaleźć najlepsze wyjście.

W innych krajach chemiczne instytucje badawcze nie stały przed wojną na tej wysokości, co w Niemczech. Wprawdzie pojedyńcze głosy tu i ówdzie nawoływały do więcej systematycznego zajęcia się sprawą badań chemicznych, nie znajdowały one jednak szerszego oddźwięku i w najlepszym razie były uwzględniane tylko częściowo

lub z wielkiem opóźnieniem. Dopiero wykazana podczas wojny światowej nadzwyczajna sprawność techniczna Niemiec, możliwa tylko dzięki obszernym pracom badawczym przedwojennym, wyrobieniu chemików niemieckich i ich stosunkowo bardzo dużej ilości, we wszystkich krajach, posiadających przemysł wojenny, postawiła na porządku dziennym kwestję obszerniejszych i systematyczniejszych badań naukowych w sprawach przemysłu chemicznego wogóle i przemysłu wojennego w szczególności.

Przejdźmy teraz do innych Państw.

W Rosji, w związku z rozwojem techniki i zaopatrywaniem armji w coraz więcej urozmaicony sprzęt uzbrojenia, już w okresie od 1890 do 1895 r. zaczęto odczuwać brak odpowiednich specjalnych laboratorjów chemicznych. Badania i próby, wykonywane dorywczo przez pracownie Akademji Artyleryjskiej i Akademji Inżynierji, jak również przez laboratorja prywatne, nie rozwiązywały należycie sprawy.

Znakomity chemik rosyjski D. I. Mendelejew, przyjąwszy w 1890 roku udział w pracach Ministerstwa Wojny i Ministerstwa Marynarki w związku z uruchamianiem w Rosji produkcji prochów bezdymnych, bardzo energicznie wysuwał potrzebę prac badawczych chemicznych i konieczność organizowania w tym celu przez armję i marynarkę specjalnych laboratorjów.

W 1891 roku udało mu się zorganizować Naukowo-techniczne Laboratorjum przy Ministerstwie Marynarki. Takie samo laboratorjum z szerszym zakresem działalności starał się on utworzyć i przy Głównym Zarządzie Artylerji. Wysiłki jego jednak nie doprowadziły do celu. Przy wytwórniach prochu zaczęto wprawdzie organizować dobrze wyposażone laboratorja, ale Główny Zarząd Artylerji długi czas jeszcze nie miał własnego laboratorjum naukowo-doświadczalnego, choć dawał się odczuwać brak takiej instytucji.

Sprawę laboratorjum tego rozważano niejednokrotnie, jednak bez realnych wyników. W 1898 roku wyłoniono projekt zorganizowania nie osobnego laboratorjum Gł. Zarządu Artylerji, a naukowo-technicznego działu przy laboratorjum chemicznem Michajłowskiej Akademji Artyleryjskiej. W 1899 r. ponownie zaczęto rozważać projekt osobnego laboratorjum, składającego się z dwóch wydziałów, chemicznego i mechanicznego. Kosztorys jego jednak — 400.000 rubli — uznano za zbyt wysoki i sprawa znów uległa zwłoce. Wszyscy „kalkulowali", czy nie dałoby się obyć bez tego laboratorjum i czy nie można by wzamian korzystać z laboratorjów Akademji Artyleryjskiej

lub innych zakładów naukowych względnie z laboratorjów fabrycznych.

Dopiero po rosyjsko-japońskiej wojnie, która dobitnie wykazała błędy, z braku centralnego laboratorjum poczynione przy wprowadzaniu na uzbrojenie nowych materjałów wybuchowych i przy przezbrajaniu polowej i górskiej artylerji, w 1907 roku, a więc po 25-letnich rozważaniach, zdecydowano się ostatecznie na budowę specjalnego chemiczno-mechanicznego laboratorjum przy Głównym Zarządzie Artylerji. Laboratorjum to miało zająć się badaniami naukowemi następujących materjałów: prochów bezdymnych, materjałów wybuchowych, metali i stopów, smarów, skór i wyrobów skórzanych, wyrobów gumowych, tkanin, barwników i t. p.

Projekt laboratorjum polecono opracować profesorowi Michajłowskiej Akademji Artyleryjskiej G. A. Zabudskiemu.

Przy rozważaniu projektu w Radzie Obrony Państwa wyjaśniło się, że dla zarządów inżynierji i intendentury również potrzebne są laboratorja chemiczne, choć i nieco odmiennie wyposażone. Rada Obrony Państwa wypowiedziała się za rozszerzeniem projektowanego chemiczno-mechanicznego laboratorjum Gł. Zarządu Artylerji tak, aby mogło ono obsługiwać całe Ministerstwo Wojny. W następstwie wyłoniła się jeszcze potrzeba badań laboratoryjnych sprzętu optycznego i elektrycznego, jak również badań aerodynamicznych i innych.

Po szeregu dalszych narad w 1910 r. uchwalono utworzyć jedną centralną stację badawczą, składającą się z 15 oddziałów i obsługującą wszystkie resorty Ministerstwa Wojny. Na decyzję tę wpłynęły następujące względy: utworzenie dla każdego resortu Min. Wojny osobnego laboratorjum badawczego wymagałoby większych nakładów, niż utworzenie jednej centralnej stacji, gdyż poza wyższemi kosztami budowy wiele urządzeń laboratoryjnych trzeba byłoby wtedy dublować; drugim i najważniejszym motywem, przemawiającym za utworzeniem centralnej stacji, była sprawa obsady personalnej. Wobec odczuwanego w Rosji braku wybitnych sił naukowych dobór odpowiednio wykwalifikowanego personelu dla kilku oddzielnych instytucyj badawczych byłby trudniejszy niż dla jednej centralnej stacji.

Centralną stację badawczą, której nadano nazwę „Centralne naukowo-techniczne laboratorjum Ministerstwa Wojny", zdecydowano zorganizować, jako samodzielną instytucję, podległą tylko Ministrowi Wojny bezpośrednio i niezależną od obsługiwanych przez nią departamentów i zarządów.

Stacja miała za zadanie, na wnioski odnośnych zarządów woj-

skowych, jak również z własnej inicjatywy, prowadzić naukowo-techniczne poszukiwania i badania rozmaitych materjałów, zapasów, przyrządów, mechanizmów i t. p., stosowanych w armji.

Poza tem miała ona: 1) opracowywać instrukcje odbiorcze, oparte na naukowo-technicznych założeniach, 2) wyjaśniać wątpliwości i nieporozumienia, powstałe przy odbiorach, 3) przychodzić z pomocą wytwórniom i zakładom naukowym w sprawach naukowych, których nie będą one mogły rozwiązać własnemi siłami i 4) dostarczać Ministerstwu Wojny przyrządy, niezbędne do badania urządzeń technicznych w innych instytucjach.

W lipcu 1912 roku przystąpiono do budowy stacji i na lipiec 1914 r. wykończono i wyekwipowano pierwsze 8 działów, a mianowicie: 1) dział chemji nieorganicznej i analitycznej, 2) — chemji organicznej i fizycznej, 3) — prochów i materjałów wybuchowych, 4) — metalurgji i metalografji, 5) — produktów spożywczych, 6) — umundurowania, skór i smarów, 7) dział mechanicznych badań materjałów i 8) dział technicznych badań materjałów budowlanych.

Jednocześnie z uruchomieniem wskazanych działów przystąpiono w 1914 r. do budowy pozostałych, a mianowicie: 1) działu badań lotniczych, 2) — badań samochodów, traktorów i t. p., 3) laboratorjum ogólnej fizyki, 4) działu silnych prądów, 5) — słabych prądów, 6) — prądów dużej częstotliwości i 7) działu motorów i przyrządów do ogrzewania i wentylacji.

Budowę pomieszczeń dla tych działów ukończono na schyłku 1916 roku, natomiast wyekwipowanie ich, rozpoczęte w jesieni 1915 r. przewlekło się wobec tego, że dowóz aparatury z zagranicy podczas wojny był utrudniony, a wykonanie jej w kraju wymagało dłuższego czasu. Ponadto nie było odpowiednich wzorów, jak należy urządzać takie pracownie, gdyż zagranicą były one przeważnie przy wyższych zakładach naukowych, zorganizowane i wyekwipowane na innych założeniach i dla innych celów, niż w danym wypadku. Wobec tego kwestję wyposażenia tych działów musiano rozstrzygnąć samodzielnie w specjalnej komisji, pod przewodnictwem prof. Zabudskiego.

Środki na prowadzenie 7 nowych działów i centrali elektrycznej uzyskano w czerwcu 1917 r. i wtedy dopiero zaczęto dopełniać ich wyposażenie i stopniowo je uruchamiać [12]).

---

[12]) Sprawa laboratorjów chemicznych Ministerstwa Skarbu dla obsługiwania monopolu spirytusowego załatwiona była w Rosji daleko szybciej. Monopol spirytusowy wprowadzono około 1896 roku, a już w 1903 r. utworzono 3 centralne la-

We wrześniu 1914 r. z otwarciem pierwszych 8 działów dyrektorem Centralnego Laboratorjum wyznaczony został profesor Michajłowskiej Akademji Artyleryjskiej G. A. Zabudskij, szefem działu prochów i materjałów wybuchowych — profesor tejże Akademji A. W. Sapożników, zastępcą jego — wojskowy inżynier-technolog O. G. Filippow i t. d.

Zakład zajmuje teren powierzchni 22.800 $m^2$. Pracownie mieszczą się w 4 budynkach, piąty budynek — mieszkalny. Ogólna kubatura budynków 107.500 $m^3$; teren, zajęty pod nie, — 8700 $m^2$.

Dział chemji nieorganicznej i dział chemji organicznej mają po 13 pokojów ogólnej powierzchni około 500 $m^2$ każdy; dział prochów i mat. wybuchowych — 11 pokojów, dział metalurgji — 15 i t. d.

Program prac w pierwszym okresie działalności obejmował: w dziale chemji nieorganicznej — badania chemiczne metali i stopów, minerałów, gazów bojowych, środków przeciwgazowych i t. p.; próby otrzymywania kwasu azotowego przez utlenianie amonjaku, stężania słabego kwasu azotowego, otrzymywania aromatycznych węglowodorów z ropy naftowej; poszukiwania krajowych złóż soli potasowych; próby odmiedzania luf działowych, próby przygotowania fosforyzujących barwników i t. d.

w dziale chemji organicznej — badania smarów, mydeł, produktów naftowych, produktów dystylacji drzewa i węgla kamiennego, wyrobów gumowych, barwników; poszukiwania roślinnych włókien, nadających się do wyrobu nitrocelulozy; próby wyzyskania odpadków skórzanych na wyrób sztucznej skóry i t. d.

w dziale prochów i materjałów wybuchowych — badania prochów i mat. wybuchowych, jak również surowców do ich wyrobu; badania prochów ścieżkowych (do zapalników czasowych); próby otrzymania prochu bezpłomiennego, próby produkowania centralitów z fosgenu, badania erozji luf, próby ulepszenia amunicji świetlnej i sygnałowej i t. d.

---

boratorja chemiczne Ministerstwa Skarbu (w Petersburgu, Moskwie i Odesie, każde o 25—30 ubikacjach, zatrudniające po 10—12 wykwalifikowanych chemików, z profesorami wyższych zakładów naukowych na czele). Poza tem przy każdym gubernjalnym zarządzie akcyzy — a było ich w Rosji kilkadziesiąt — urządzono laboratorjum gubernjalne, zatrudniające po 1—2 chemików.

Widocznie Min. Skarbu lepiej niż Min. Wojny zdawało sobie sprawę z potrzeby badań chemicznych.

W wyniku, jak i należało się spodziewać, „monopolka" rosyjska nie pozostawiała nic do życzenia i wzbudzała podziw w odnośnych fachowych kołach zagranicą, podczas gdy uzbrojenie, ani podczas japońskiej, ani podczas światowej wojny, egzaminu nie zdało. Złożył się na to, naturalnie, cały szereg przyczyn, między innemi jednak również i brak odnośnych stacyj badawczych.

w dziale metalurgji — badania metali i stopów, stosowanych w przemyśle wojennym, jak również gotowych wyrobów metalowych; poszukiwania nowych stopów do wyrobu łusek amunicji karabinowej i działowej (wobec braku w Rosji cynku); badania stali narzędziowej, łączne z innemi działami zakładu badania erozji luf i t. d.

W drugiej połowie 1917 roku zakład przyjął czynny udział w pracach, związanych z demobilizacją przemysłu wojennego, w pierwszym rzędzie chemicznego. Podczas wojny chemiczne wytwórnie wojskowe znacznie rozszerzyły się i powstał cały szereg nowych wytwórni chemicznych, pracujących na cele wojny. Po wojnie, aby zachować ten przemysł, trzeba było znaleźć rynek zbytu na jego produkty lub dostosować go do produkcji nowej, pokojowej. W związku z tem Centralne Laboratorjum przystąpiło do prób sterelizacji wody płynnym chlorem, zastosowania gazów trujących lub duszących do niszczenia szkodników na polach, w składach zboża i w lasach, prób zastosowania surowego benzolu w motorach spalinowych i t. d. [13]).

Zorganizowanie Centralnego Laboratorjum Min. Wojny miało i ma, niewątpliwie, swą wartość dla armji rosyjskiej, zbyt długo jednak zwlekano z jego utworzeniem i zbyt późno go uruchomiono, aby mogło ono w znaczniejszym stopniu przyczynić się podczas wojny światowej do podniesienia sprawności przemysłu wojennego w Rosji.

Zgromadzenie w jednej instytucji 15 laboratorjów, częściowo niemających między sobą nic albo bardzo mało wspólnego, nie wydaje się celowe, gdyż daje to organizację ciężką, zbyt różnolitą i trudną do prowadzenia przez kierownictwo.

Jak przedstawia się obecnie w Rosji sprawa badań w dziedzinie prochów, mat. wybuchowych i amunicji, dokładnie nie jest mi wiadome. Sądząc jednak z prasy fachowej i codziennej, kwestji tej udziela się teraz więcej uwagi niż przed wojną światową. Możliwe tu jest tylko pewne obniżenie poziomu naukowego personelu wobec zejścia z areny starych fachowców i niedostatecznego przygotowania młodych sił.

O laboratorjach i stacjach doświadczalnych francuskich posiadam tylko bardzo ogólnikowe wiadomości. Pożądane byłoby, aby któryś z oficerów lub inżynierów cywilnych, delegowanych w swoim czasie

---

[13]) Opis Centr. Laboratorjum zaczerpnięto ze specjalnego urzędowego wydawnictwa pod tytułem „Opisanje centralnoj nauczno-tiechniczeskoj łaboratorji Pietrogradskaho otdielenja Nauczno-tiechniczeskaho otdieła Wysszeho Sowieta Narodnoho Choziajstwa". Piotrogród. 1920 r.

do Francji na dłuższe studja, lub w specjalnych celach, związanych ze zwiedzaniem zakładów i stacyj badawczych uzbrojenia, podał w Przeglądzie Artyleryjskim szczegółowy opis organizacji badań uzbrojenia w armji francuskiej i ocenę tej organizacji.

W ogólnych zarysach sprawa przedstawia się następująco. Produkcja prochów i materjałów wybuchowych, jak wiadomo, objęta jest we Francji monopolem państwowym. T. zw. służba prochów, kierująca produkcją prochów i mat. wybuchowych, posiada centralne laboratorjum badawcze w Paryżu z niewielkim stosunkowo personelem. Poza tem każda wytwórnia posiada własne laboratorjum chemiczne. Badania i próby fabryczne z zakresu produkcji prochów bezdymnych prowadzą się przeważnie w wytwórni prochów w Sevran Livry. Wytwórnia ta jest stosunkowo niewielka, produkuje rozmaite rodzaje prochów nitrocelulozowych i nitroglicerynowych i jest jakby stacją doświadczalną w tej dziedzinie.

Centralną instytucją, prowadzącą odbiory prochów i mat. wybuchowych, kontrolę zapasów i badania w dziedzinie balistyki wewnętrznej, jest komisja prochów w Wersalu.

Próby i badania w dziedzinie amunicji i broni prowadzone są nie w specjalnych instytucjach badawczych, a w odnośnych wytwórniach lub zakładach, posiadających odpowiednie działy doświadczalne.

W dziedzinie prochów i mat. wybuchowych tak samo, jak w dziedzinie chemji i w wielu innych dziedzinach, Francja wydała szereg genjalnych wynalazców i świetnych badaczy, jak Vieille, Berthollet, Bertholet, Dautriche, Le Châtelier, Sarrau, Turpin i t. d. Francuzi wynaleźli lub po raz pierwszy zastosowali proch bezdymny, melinit, szedyt i t. p., jednak należy przyznać, że w organizacji i systematyczności badań jak również w umiejętności praktycznego wyzyskania i ulepszeń tak własnych jak obcych wynalazków Francuzi ustępują Niemcom, a ostatnio i Amerykanom.

Anglja na prace badawcze w dziedzinie uzbrojenia wydaje blisko miljon funt. szterlingów rocznie. Wykaz angielskich instytucyj badawczych wojskowo-technicznych, ilość pracowników w każdej z tych instytucyj i kwoty, preliminowane na ich prowadzenie w 1924/25 i 1925/26 r., podane były w Przeglądzie Artyl. z 1926 r. str. 63. Odsyłając czytelników, interesujących się angielskiemi instytucjami badawczemi, do wskazanego źródła, przechodzę do stacyj badawczych amerykańskiej armji.

O instytucjach badawczych amerykańskiej armji rozpisuję się

stosunkowo najszerzej, gdyż dane o nich najłatwiej jest znaleźć w literaturze i miałem sposobność zwiedzić je osobiście. Ufni w swą moc przemysłową i położenie geograficzne, amerykanie podają w fachowych czasopismach takie szczegóły o swej armji, które w innych krajach są uważane za ściśle tajne i ogłaszane są tylko wyjątkowo i to zwykle z dużem opóźnieniem, gdy ogłoszone fakty mają już tylko wartość historyczną.

Departament Uzbrojenia amerykańskiej armji, licząc na silny przemysł prywatny w Stanach Zjednoczonych i posiadając duże zapasy uzbrojenia, pozostałe po wojnie światowej, większość swego budżetu [14]) wydaje na prace badawcze i rozwój sprzętu uzbrojenia. Wychodzi on z założenia, że tylko przy wysokim poziomie instytucyj badawczych przemysł będzie mógł podczas wojny sprostać wymaganiom frontu tak co do ilości jak i co do jakości sprzętu uzbrojenia, że nawet silny przemysł bez odpowiednio postawionych badań może w pewnych warunkach stać się bezradnym, że raczej pożądany jest przerost instytucyj badawczych, niż ich niedostateczny rozwój.

Wszystkie arsenały amerykańskiej armji — Frankford, Picatinny, Edgewood, Rock Island, Watertown, Watervliet, Raritan i t. d. — w gruncie rzeczy są stacjami doświadczalnemi, każdy w pewnej dziedzinie uzbrojenia. Zdolność produkcyjna ich jest mała, wynosi ona od ½ do 5% zapotrzebowania wojennego armji na odnośne artykuły uzbrojenia. W razie wojny liczy się głównie na przemysł prywatny, któremu podczas pokoju proponuje się wydawać t. zw. kształcące zamówienia [15]).

Opis i zakres czynności arsenału Frankford podany był w Przeglądzie Artyleryjskim Nr. 5 t. VIII s. 491.

Dla chemika, pracującego w dziedzinie materjałów wybuchowych, najciekawszy jest arsenał Picatinny, który po wojnie światowej przeznaczono do prac badawczych w zakresie amunicji artyleryjskiej łącznie z doświadczalną fabrykacją prochów, materjałów wybuchowych, zapalników i innych składowych części amunicji.

Arsenał Picatinny znajduje się w pobliżu miasteczka Dover w stanie New Jersey, w odległości 2½ godzin jazdy koleją od Nowe-

---

[14]) Budżet Dep. Uzbr. Amer. Armji w okresie od 1923 r. do 1927 r. wahał się od 5.800.000 do 9.480.000 dolarów ,co stanowiło 2,26 do 3,63% budżetu Min. Wojny.

W 1918 r. budżet Dep. Uzbr. wynosił 3,1 miljarda dolarów (54,7% budżetu Min. Wojny), w 1919 r. — 4,2 miljarda dol. (25,7% budż. Min. Wojny).

[15]) p. artykuł E. T. Trigga „Educational Orders for Munition" w Nr. 53 Army Ordnance.

go Yorku. Początkowo, w 1880 roku, utworzono tu pod nazwą „Picatinny Powder Depot" składnicę prochów czarnych. W 1902 roku dobudowano 6 magazynów na nowowprowadzone materjały wybuchowe kruszące i na pociski przeciwpancerne. W 1903 r. przystąpiono tu do nabijania pocisków przeciwpancernych początkowo maximitem (kwas pikrynowy z dodatkiem mononitronaftaliny), a następnie materjałem wybuchowym D (pikrynjanem amonu). W 1906 r. zainstalowano maszyny do paskowania pocisków i do zespalania amunicji. W październiku tegoż 1906 roku „Picatinny Powder Depot" przemianowano na „Picatinny Arsenal" i wyasygnowano 165.000 dolarów na budowę tu wytwórni prochów bezdymnych. Do budowy tej wytwórni przystąpiono w kwietniu 1907 r. i uruchomiono ją w styczniu 1908 r. W 1911 r. przystąpiono w Picatinny do produkcji kwasu pikrynowego i pikrynjanu amonu w budynku, mieszczącym poprzednio laboratorjum chemiczne i prowadzono tę produkcję do lipca 1918 roku.

Do rozwoju arsenału, jako komendant jego, najwięcej przyczynił się wówczas major, obecnie generał O. C. Horney. W ciągu 8 lat (1907—1915 r.) zwiększył on dzienną (24-godzinną) wydajność wytwórni prochu z 3.000 do 9.000 funtów prochów działowych i zainstalował produkcję prochów karabinowych (300 funtów dziennie). Przy nim również arsenał stał się stacją badawczą Departamentu Uzbrojenia w kwestjach produkcji i odbiorów prochów i centralą kontroli chemicznej przechowywanych zapasów amunicji.

Po wstrzymaniu produkcji materjałów wybuchowych kruszących zapoczątkowano w arsenale i w następstwie znacznie rozszerzono badania ogólno-chemiczne.

Z początkiem wojny światowej arsenał Picatinny był już silnie ugruntowaną instytucją doświadczalną, produkującą i elaborującą materjały wybuchowe, włącznie do nabijania pocisków przeciwpancernych materjałem wybuchowym D i elaboracji ładunków miotających amunicji działowej wszelkich kalibrów. Niektóre instalacje jednak były przestarzałe lub w niedostatecznej ilości i w chwili przystąpienia Stanów Zjednoczonych do wojny zdolność produkcyjna arsenału była znikoma w porównaniu do ogólnego zapotrzebowania na prochy i amunicję. Wobec tego logika nakazywała, aby z arsenału tego uczynić raczej centrum doświadczalne, gdzie podjętoby próby ulepszenia produkcji prochów i materjałów wybuchowych, przyśpieszenia i potanienia tej produkcji, wszechstronnie badanoby amunicję i jej elementy i szkolono ludzi dla służby uzbrojenia, niezajęte zaś

tereny arsenału wyzyskać na urządzenie składnicy materjałów wybuchowych i amunicji.

Do arsenału należało 1600 akrów (647,5 ha) ziemi. Zbudowano więc w pobliżu arsenału 96 magazynów murowanych (z cegły-dziurawki), 65 magazynów prowizorycznych, baraki dla warty i około 12 mil (19 km) torów kolejowych, łączących nową składnicę z właściwym arsenałem.

Działy produkcyjne arsenału pozostały podczas wojny prawie bez zmian, gdyż nie dążono do zwiększenia produkcji arsenału, natomiast, oprócz nowej składnicy, wybudowano 15 nowych budynków czasowych na laboratorja badawcze. W następstwie wstrzymano zupełnie produkcję materjałów wybuchowych, a cały wysiłek skierowano na rozszerzenie urządzeń, umożliwiających prace badawcze szczególnie w zakresie balistyki i fragmentacji.

Bezpośrednio po zawarciu pokoju, w wyniku dyskusji o niedomaganiach uzbrojenia podczas wojny, zdecydowano, iż należy utworzyć stację doświadczalną amunicyjną, która miałaby za zadanie produkować w niewielkich ilościach, w celach doświadczalnych, kompletną amunicję rozmaitych rodzajów włącznie ze wszystkiemi składowemi częściami tej amunicji, zaczynając od produkcji prochów i materjałów wybuchowych, skorup, zapalników i t. p., a kończąc na elaboracji i zestawianiu „pełnych strzałów". Wychodzono przytem z założenia, że zebranie w jednem miejscu fachowców, produkujących składowe części, zestawiających je i badających gotową amunicję, ułatwi im stałe porozumiewanie się, wyjaśnianie kwestyj spornych i uzgadnianie swych wymagań i że współpraca taka przyczyni się do wytwarzania kompletnej amunicji, odpowiadającej każdorazowo najwyższym wymaganiom. Dla wojsk linjowych nieważne są własności tego lub innego elementu amunicji, a ważne własności kompletnej amunicji, pełnych strzałów. Przez utworzenie stacji doświadczalnej amunicji należało więc technikom uzbrojenia ułatwić badania i produkowanie jak najlepszego końcowego produktu — pełnych strzałów.

Jako miejsce zainstalowania nowego centrum doświadczalnego amunicji brano początkowo w rachubę arsenał Edgewood, posiadający już centralę siły i odpowiednie zabudowania, nadający się do tego celu szczególnie ze względu na małą odległość od poligonu doświadczalnego w Aberdeen. Było to jednak nie do uskutecznienia wobec potrzeby zorganizowania w Edgewood stacji doświadczalnej środków walki gazowej.

Następnie starano się o uzyskanie od Kongresu odpowiednich kwot na wybudowanie nowej stacji w pobliżu Aberdeen, na przeszkodzie stanęły jednak powojenne oszczędności budżetowe. Zdecydowano wtedy dostosować do tego celu arsenał Picatinny. Nie było to idealne rozwiązanie sprawy, dawało jednak dość dobre widoki przy stosunkowo małym nakładzie pieniężnym.

W okresie od 1919 do 1921 r. dokompletowano brakujące w Picatinny, a niezbędne dla nowego centrum doświadczalnego instalacje, biorąc je z innych zakładów lub wytwórni wojskowych, rozbudowano, a częściowo, w miarę możności, przystosowano do nowego przeznaczenia istniejące w arsenale zabudowania, w tej liczbie i magazyny składnicy amunicyjnej, zbudowanej podczas wojny, i utworzono w ten sposób następujące działy nowego centrum:

1. Dział elementów metalowych. Składał się on z narzędziowni, zapalnikowni, trzech pociskowni, warsztatu do wyrobu opakownia (skrzyń i blaszanek) i doświadczalnego laboratorjum nabijania zapalników.

W następstwie przewidziane było zainstalowanie w tym dziale kucia, tłoczenia i obróbki cieplnej części metalowych amunicji.

2. Dział materjałów wybuchowych kruszących. Wzniesiono tu budynki, odpowiednie dla prowadzenia w nich fabrykacji doświadczalnej i zgromadzono dużą ilość instalacyj do produkcji rozmaitych materjałów wybuchowych. Dział ten składał się z laboratorjum kontrolnego, magazynu surowców, pracowni półproduktów, dwóch budynków nitracji, pomieszczeń dla oczyszczania i granulacji produkowanych materjałów, suszarni i pakowni.

3. Wytwórnia prochów bezdymnych z własnem laboratorjum kontrolnem. Urządzenia wytwórni zmodernizowano tak, że mogła ona produkować w niewielkich ilościach pierwszorzędne prochy.

4. Dział elaboracji amunicji. Składał się on z pracowni do szycia worków prochowych i napełniania ich prochem, pracowni do nabijania pocisków materjałami wybuchowemi stopionemi, pracowni do nabijania pocisków przez wprasowywanie materjałów wybuchowych, elaboracji wkrętek detonujących, elaboracji zapłonników prochem czarnym, elaboracji zapalników uderzeniowych łącznie z urządzeniami do przechowywania, manipulacji i suszenia piorunjanu rtęci, pracowni zestawiania kompletnych strzałów, jak również z centrali kotłów parowych, pewnej ilości magazynów i t. d. Projekt rozbudowy tego działu przewidywał ponadto małą instalację do produkcji zapalników czasowych, zwłok do zapalników uderzeniowych i t. d.

5. Dział pirotechniczny, składający się z laboratorjum, budynku

biurowego, w którym wykonywano również próby, pięciu magazynów i dwóch linij pracowni, jednej dla azotanów i drugiej dla chloranów, po 4 małe budynki w każdej linji. Była to prawdopodobnie najlepiej wyposażona fabryczka tego rodzaju. W dziale tym badano również materjały wybuchowe do nabijania granatów ręcznych i amunicji okopowej.

6. Dział badań balistycznych. Urządzono tu trzytorową strzelnicę, pozwalającą na określanie szybkości początkowej pocisków i ciśnienia w działach i w broni małokalibrowej, jamy wybuchowe do prób fragmentacji, płoty do badania pocisków na działanie odłamkowe, moździerz balistyczny, wahadło do badania wrażliwości mat. wybuchowych na tarcie, aparaty do badania płomienia, laboratorjum fotograficzne, przyrządy do określania szybkości detonacji mat. wybuchowych, bomby kalorymetryczne i t. d.

7. Kursy amunicyjne w celu poglądowego pouczania o wpływie składowych części na własności kompletnej amunicji. Na kursy dopuszczani byli oficerowie i fachowcy cywilni. Dla oficerów, przydzielanych na stałe do arsenału, kurs taki był obowiązujący.

8. Rozszerzony dział ogólny, obejmujący przerobioną centralę siły, nowy układ przewodów parowych i przewodów elektrycznych, wodociągi, kanalizację i ścieki.

Poza tem w arsenale, jak i dawniej, koncentrował się nadzór nad stałością prochów w zapasach wojskowych w całym kraju.

Równolegle ze zbieraniem „pod wspólny dach" wszystkich, a tak rozmaitych czynności, związanych z produkcją kompletnej amunicji, jak najstaranniej dobierano personel oficerski i cywilny arsenału, aby każdy pracownik, będąc biegłym fachowcem w swej dziedzinie, mógł rzeczywiście przyczynić się do ulepszeń i postępu wspólnej sprawy.

W 1922 roku arsenał obejmował 258 stałych budynków, z których mniej więcej połowa służyła do celów produkcji i prac doświadczalnych [16]).

Najmłodszy ze wszystkich produkujących arsenałów amerykańskiej armji, w 1925/26 r. ze swym budżetem w wysokości 1.008.470 dolarów, Picatinny zajął drugie miejsce. Pierwsze miejsce zajął arsenał Frankford z budżetem 1.041.511 dolarów, trzecie — największy przed wojną arsenał Rock Island [17]).

---

[16]) Opis arsenału Picatinny zaczerpnięto z artykułu F. H. Miles'a Jr. w Nr. 10 czasopisma „Army Ordnance" ze stycznia—lutego 1922 r. i artykułu komendanta arsenału mjr. N. F. Ramsey'a w Nr. 37 tegoż czasopisma z lipca—sierpnia 1926 r.

[17]) p. Army Ordnance Nr. 41 s. 358.

W rocznem sprawozdaniu Szefa Departamentu Uzbrojenia Amerykańskiej Armji z 1924/25 roku budżetowego znajdujemy pochlebną wzmiankę o wynikach prac badawczych arsenału Picatinny, gdzie ulepszono produkcję tetrylu i trotylu, w ścisłej współpracy ze stacją doświadczalną firmy Du Pont posunięto znacznie problem zmniejszenia płomienia wylotowego przy strzelaniu z dział przez zastosowanie nowego rodzaju prochu, wprowadzono silniejsze zapłonniki w amunicji 75 mm i t. d. Badania te były bardzo aktualne, gdyż według tegoż sprawozdania powojenne zapasy amunicji w Stanach Zjedn. zaczęły wykazywać już pewien rozkład, w szczególności spadek własności chemicznych i balistycznych. W związku z tem wyłoniła się potrzeba przeelaborowania amunicji i zastosowania nowych, więcej wydajnych metod fabrykacji elementów amunicji [18]).

Rozwój arsenału Picatinny wstrzymany został gwałtownie przez katastrofę dnia 10 lipca 1926 roku. Wskutek eksplozyj przy pożarze pobliskiego składu amunicyjnego marynarki amerykańskiej w Lake Denmark wszystkie bez wyjątku budynki arsenału uległy mniejszym lub większym uszkodzeniom [19]). Straty arsenału obliczono na 1.265.000 dolarów, a koszta prowizorycznych napraw, umożliwiających podjęcie czynności arsenału z wyjątkiem produkcji prochu, na 287.000 dolarów. Z personelu arsenału zginął por. G. W. Bott, wszystkie mieszkania oficerów arsenału zostały zdemolowane, a oficerowie i ich rodziny, będący w chwili katastrofy w Picatinny, ulegli poranieniom. Szczęściem w nieszczęściu było, że katastrofa miała miejsce w sobotę po południu, po zakończeniu dnia roboczego, gdyż w godzinach roboczych przy mniej więcej 600 pracownikach [20]), zajętych normalnie w arsenale, liczba ofiar byłaby prawdopodobnie znacznie wyższa.

Redakcja czasopisma „Army Ordnance" w Nr. 37 z lipca—sierpnia 1926 r., poświęconym prawie w całości opisowi arsenału Picatinny, zawiadamiając w końcu numeru o katastrofie dnia 10 lipca, wyraża żal, że numer, który miał być opisem arsenału Picatinny w całym jego wspaniałym rozwoju, stał się raczej pamiątką po instytucji, nawiedzonej tak srogim ciosem. Zdaniem redakcji, nie na-

---

[18]) p. Army Ordnance Nr. 34 s. 300—301.

[19]) Opis pożaru w Lake Denmark podany był w Przeglądzie Artyl. z 1927 r. s. 428.

[20]) Mjr. N. T. Ramsey podaje, iż w 1926 r. stały personel arsenału składał się z 530 pracowników cywilnych i 15 wojskowych, w tem 11 oficerów. (Army Ordnance Nr. 37 s. 4).

leży jednak tracić nadziei, że znajdą się pieniądze na to, aby natychmiast przystąpić do ratowania i odbudowy zakładu, tak potrzebnego dla armji i dla kraju.

Wobec braku narazie większych kwot na odbudowę, uszkodzenia, wywołane przez katastrofę dnia 10 lipca, naprawiono prowizorycznie i w ciągu kilku miesięcy zakład prawie w całości uruchomiono.

W maju 1928 r., podczas pobytu w Stanach Zjednoczonych, miałem sposobność zwiedzić osobiście, choć i bardzo pobieżnie, arsenał w Picatinny. Ślady zniszczenia po katastrofie były jeszcze bardzo widoczne, budynki w ruinie lub naprawione bardzo prowizorycznie, całość powierzchownie przedstawiała się dość smutno, ale prawie wszystkie działy arsenału, włącznie z wytwórnią prochów bezdymnych, były czynne.

Komisja Departamentu Uzbrojenia pod przewodnictwem płk. W. H. Tschappat'a, wyznaczona dla stwierdzenia szkód arsenału Picatinny, spowodowanych przez katastrofę dn. 10 lipca 1926, wystąpiła z wnioskiem nietylko odbudowy arsenału, ale dokupienia terenu i rozszerzenia go. Stosunki jednak budżetowe pozwoliły Kongresowi dopiero w grudniu 1927 roku przyznać kwotę 2.300.000 dolarów na rozszerzenie i odbudowę arsenału.

W Nr. 52 „Army Ordnance" ze stycznia—lutego 1929 r. ppłk. I. K. Grain, nowy komendant arsenału Picatinny, podaje, iż w nowym układzie arsenał ma się składać z 3 dużych działów: z działu produkcji prochów, materjałów wybuchowych i amunicji, ze składnicy tych materjałów i z działu produkcji materjałów bezpiecznych. Przy tym ostatnim dziale mają być i budynki administracyjne arsenału.

Rozplanowanie poszczególnych działów i budynków arsenału ma być zmienione w celu zwiększenia bezpieczeństwa na wypadek eksplozji. Poza tem główne zmiany w porównaniu z poprzednim układem arsenału mają być następujące:

Dział nabijania pocisków, mieszczący się poprzednio w jednym budynku, ma otrzymać 4 budynki, w bezpiecznem oddaleniu jeden od drugiego, połączone wzajemnie krytemi przejściami, po których można będzie przy pomocy transporterów przesyłać amunicję z jednego budynku do drugiego; budynki te mają posiadać również połączenie kolejowe.

Produkcja prochowych ładunków workowych po raz pierwszy w ich historji ma być prowadzona w budynkach, specjalnie zapro-

jektowanych do tego celu, a nie w przerobionych byłych magazynach lub innych przypadkowo wolnych budynkach.

Dział badań balistycznych ma być o wiele wspanialszy od dawniejszego.

Wytwórnia prochów bezdymnych ma być rozplanowana tak, aby co do stref bezpieczeństwa odpowiadała obowiązującym obecnie przepisom.

Dział materjałów wybuchowych kruszących umieszczony będzie w ten sposób, aby ewentualna eksplozja w nim nie mogła spowodować poważniejszych szkód w sąsiednich działach; przy poprzednim układzie warunek ten nie był zachowany.

Składnica prochów i materjałów wybuchowych pozostaje bez zmiany. Aby zwiększyć strefę bezpieczeństwa przy składnicy, z upoważnienia Kongresu mają być dokupione sąsiednie tereny.

W odpowiedniem oddaleniu od niebezpiecznych działów mają być wybudowane: warsztaty do produkcji elementów metalowych, warsztat wyrobów drzewnych, główne laboratorjum chemiczne wraz z budynkami pomocniczemi i okazały budynek administracyjny.

Wobec tego, że prace głównego laboratorjum chemicznego są nadzwyczaj ważne dla każdego z działów arsenału, wszelkie wysiłki mają iść w kierunku odpowiedniego wyposażenia tego laboratorjum, aby mogło ono należycie wypełniać swe zadania.

Z powyższego opisu ppłk. Grain'a widać, że urządzenia arsenału Picatinny po zakończeniu przebudowy będą odpowiadały najwybredniejszym wymaganiom. Przy takich urządzeniach i ze starym wyrobionym personelem technicznym więcej jak pewne, że arsenał szybko i racjonalnie będzie rozwiązywał wszelkie zagadnienia, nastręczające się przy produkcji amunicji, i że, jako centrum badań chemicznych amunicji, odda znakomite usługi swemu krajowi.

Nie mając możności podać czytelnikom Przeglądu Artyleryjskiego fotografij najnowszych urządzeń arsenału Picatinny, podaję kilkanaście ciekawszych zdjęć z urządzeń dawniejszych, z przed katastrofy dn. 10 lipca 1926 r. jako również bardzo pouczających, a mianowicie:

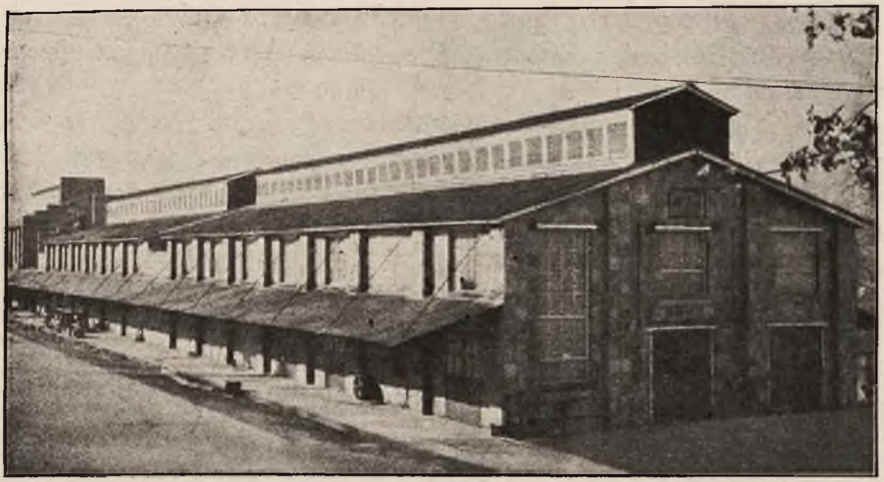
rys. 3 — widok głównego budynku wytwórni prochów bezdymnych w arsenale Picatinny.

rys. 4 — kadzie do gotowania nitrocelulozy celem stabilizacji jej.

rys. 5 — prasa do odwadniania nitrocelulozy.

rys. 6 — instalacja systemu arsenału Picatinny do mieszania prochów (zestawiania partyj). Jest ona w porównaniu z in-

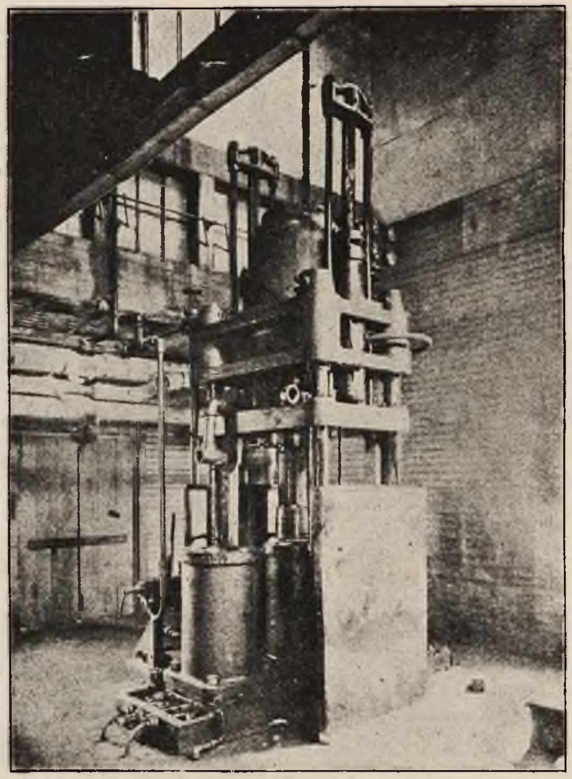
stalacją typu wieżowego o wiele bezpieczniejsza i wymaga do obsługi 1 człowieka, podczas gdy instalacja wieżowa wymaga około 10 ludzi.



Rys. 3.



Rys. 4.



Rys. 5.



Rys. 6.



Rys. 7.



Rys. 8.

rys. 7 — podnośnik pasowy instalacji do mieszania prochów.
rys. 8 — dział nabijania pocisków przeciwpancernych materjałem wybuchowym D.
rys. 9 — kocioł do roztapiania trotylu.
rys. 10 — nalewanie trotylu do 155 mm pocisków.
rys. 11 — wiercenie otworu na wkrętkę detonującą w 155 mm pocisku, nabitym trotylem.
rys. 12 — zespalanie łuski z pociskiem.



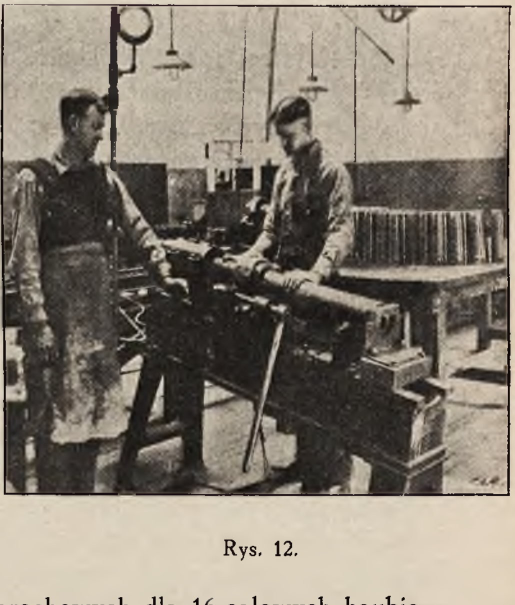
Rys. 9.



Rys. 10.



Rys. 11.



Rys. 12.

rys. 13 — szycie ładunków prochowych dla 16-calowych haubic.
rys. 14 —maszyna do zaciskania i usztywniania workowych ładunków prochowych; przez zastosowanie tej maszyny wy-



Rys. 13.



Rys. 14.

dajność robotnika, obsługującego ją, podniesiono prawie 8-krotnie.

rys. 15 — system aparatów, kontrolujących temperaturę w komorach-termostatach na 65° C. do badania stałości prochów bezdymnych.

rys. 16 — instalacja do prób fragmentacji pocisków.

rys. 17 — skrzynka amunicyjna, rozbita przy próbie wytrzymałości (w wielkim obracalnym bębnie) *.).

Prace doświadczalne techników amunicyjnych, zmierzające do ulepszenia amunicji, muszą być skoordynowane z wymaganiami pod tym względem wojsk linjowych. Wojska linjowe wysuwają wymagania, w jakim kierunku mają iść ulepszenia broni i amunicji, służba uzbrojenia łącznie z przemysłem wojennym winny w miarę możności wymagania te zadowolić. Łącznikiem między niemi powinien być poligon doświadczalny z personelem, składającym się częściowo z oficerów linjowych, a częściowo z oficerów-techników służby uzbrojenia. W porozumieniu ze stacjami badawczemi broni i amunicji poligon doświadczalny orzeka wykonalność problemów, wysuniętych

*) Rysunki 4—7 podano podług wydawnictwa Dep. Uzbr. Amer. Armji pod tytułem „Military Explosives" wyd. 1924 r., pozostałe rysunki podług „Army Ordnance" Nr. 37.

przez wojska linjowe, bada każdą nową, względnie ulepszoną broń i amunicję w normalnych warunkach jej użycia, po dojściu do pewnych pozytywnych wyników demonstruje nowe wzory oddziałom linjowym, którym nowy sprzęt ma być wydany do dalszych prób na szerszą skalę i poucza je, jak należy się obchodzić z nowym sprzętem.



Rys. 15.



Rys. 16.



Rys. 17.

Z potrzeby stałej ścisłej współpracy stacyj badawczych broni i amunicji z poligonem doświadczalnym amerykanie, jak widać, dobrze zdawali sobie sprawę, gdyż, jak to przytoczono wyżej, starali się w 1919 r. nowoorganizowane centrum doświadczalne amunicji umieścić jak najbliżej od poligonu doświadczalnego w Aberdeen.

Wobec tego, że na łamach Przeglądu Artyleryjskiego poligon Aberdeen (Aberdeen Proving Ground) nie był jeszcze opisywany, przypuszczam, że nie od rzeczy będzie, przy sposobności podać tu garść szczegółów o tym poligonie.

Przy budowie poligonu Aberdeen wykazano rozmach iście amerykański.

Przed 1918 rokiem w ciągu wielu lat wszelkie poligonowe badania broni i amunicji artyleryjskiej dla armji amerykańskiej wykonywano na poligonie Sandy Hook N. I. W krótkim czasie po rozpoczęciu wojny światowej wyjaśniło się, że urządzenia i teren w Sandy Hook są absolutnie niewystarczające dla wciąż wzrastających potrzeb i że prace odbiorcze i badawcze, związane z nowym programem uzbrojenia amerykańskiej armji, nie dadzą się na nim wykonać należycie i terminowo. Zdecydowano więc budowę nowego dużego poligonu, odpowiadającego najnowszym wymaganiom.

Wyszukanie miejsca na nowy poligon nie było łatwe, gdyż chodziło o to, aby poligon był niezbyt oddalony od głównych centrów przemysłowych kraju, aby warunki atmosferyczne wybranej miejscowości pozwalały na prace poligonowe w ciągu całego roku i aby teren był odpowiednio duży i możliwie jak najmniej zaludniony.

Po wielu poszukiwaniach i bardzo starannych studjach wybrano teren na północno-zachodnim pobrzeżu zatoki Chesapeake, w odległości około 4 mil (6,5 km) od miasteczka Aberdeen w stanie Maryland, mniej więcej na połowie drogi między Filadelfją a Baltimore. Szczególnie sprzyjające były tu warunki komunikacyjne: przez m. Aberdeen przechodziły 2 linje kolejowe, a zatoka umożliwiała dogodną komunikację wodną.

Teren powierzchni około 35.000 akrów (14.000 ha), maksymalnej długości około 17 mil (27 km) i szerokości ponad 4 mile (6,5 km), zakupiono w pierwszej połowie października 1917 roku. Mieszkańców licznych wiosek, znajdujących się na terenie, wywłaszczono i zobowiązano do wysiedlenia się w drugiej połowie grudnia 1917 roku. Jednocześnie przystąpiono do budowy poligonu.

Pierwszy strzał na poligonie Aberdeen oddano dnia 2 stycznia 1918 r., a do końca stycznia oddano 5.000 strzałów. Wydajność poligonu stale wzrastała i w miesiącu sierpniu 1918 r. osiągnęła liczbę 71.000 strzałów. Strzelania na poligonie odbywały się wyłącznie w celach badawczych lub w związku z odbiorami sprzętu uzbrojenia.

Personel poligonu w listopadzie 1917 r. składał się z 10 oficerów, 35 żołnierzy i 23 pracowników cywilnych. Podwyższając się stale w miarę rozbudowy poligonu, w dniu 30 września 1918 r. wynosił on: 272 oficerów, 4028 żołnierzy i 1200 pracowników cywilnych. Poza tem przedsiębiorcy prywatni zatrudniali około 3000 pracowników przy budowie poligonu.

W chwili zakończenia wojny poligon posiadał kolonję mieszkaniową, składającą się blisko z 300 budynków tymczasowych. Po wojnie musiano je znieść i zastąpić częściowo przez budynki stałe, dostosowane do potrzeb stałej załogi poligonu. Ponadto podczas wojny zbudowano na poligonie 26 budynków stałych, w tej liczbie nowoczesny dobrze wyekwipowany warsztat mechaniczny, warsztat ciesielski, dworzec kolejowy, pewną ilość magazynów, centralę siły, wieżę ciśnień i t. p., jak również 11 mil (17,5 km) szosy betonowej, 32 mile (51 km) torów kolejowych i wiele innych urządzeń, niezbędnych dla sprawnego funkcjonowania poligonu.

Dla celów transportowych posiadał poligon podczas wojny 8 lokomotyw, 17 dźwigów kolejowych, 34 wagony towarowe i 8 pasażerskich. Tabor ten po wojnie naturalnie odpowiednio zredukowano.

Całkowity koszt budowy poligonu wyniósł około 16 miljonów dolarów, z tego około 3.550.000 dol. poszło na wykup terenu, a reszta na urządzenie i wyekwipowanie poligonu.

Dla strzelania z dział ruchomych kalibru do 9,2" (230 mm) poligon posiada tereny długości 23 do 27 km. Po wojnie w odległościach 1000, 2250, 3200, 4000, 6700 i 8000 metrów od punktu zerowego zbudowano tu mocne betonowe schrony dla obserwatorów. Z dział kolejowych i nadbrzeżnych można strzelać w ten sposób, że 18 do 27 km pocisk leci ponad ziemią, a dalej nad wodą do 54 km (60.000 yardów). Dla obserwacji ognia tych dział wzdłuż wschodniego pobrzeża zatoki ustawiono 12 wież obserwacyjnych. Najwięcej odległe z nich mają otrzymać połączenie z punktem zerowym przy pomocy telefonu bez drutu. W ten sposób poligon ma możność badania amunicji i dział wszelkich kalibrów i rodzajów (polowych, kolejowych i nadbrzeżnych).

Po wojnie zainstalowano w Aberdeen urządzenia do badania czołgów, traktorów i łóż motorowych, jak również strzelnice dla broni małokalibrowej (kb. i k. m.). Ponadto w celu współpracy przy badaniach bomb lotniczych i innego uzbrojenia lotniczego ulokowano na poligonie Aberdeen eskadrę miotaczy ciężkich bomb i kompanję balonową.

Poligon podlega Technicznemu Sztabowi Departamentu Uzbrojenia. Wszelkie badania i próby ulepszeń wykonuje on podług programów, ustalanych przez ten Sztab. W 1921 i 1922 r. całe zapasy amunicji artyleryjskiej, pozostałej po wojnie, kalibru od 37 mm do 12 cali (300 mm), jak również granatów ręcznych i amunicji okopo-

wej poddano w Aberdeen badaniom balistycznym. Wymagało to oddania około 50.000 strzałów.

Zadania poligonu Aberdeen podczas pokoju polegają na badaniach odbiorczych sprzętu uzbrojenia, szkoleniu oficerów i żołnierzy służby uzbrojenia, tak zawodowych jak i rezerwy, przedewszystkiem zaś na badaniach, zmierzających do ulepszenia sprzętu uzbrojenia armji [21]). Badania sprzętu wykonywane są w Aberdeen więcej z punktu widzenia technicznego niż taktycznego. Badania taktyczne wykonują następnie oddziały linjowe.

Wykonanie prób na poligonie doświadczalnym musi być bardzo staranne, gdyż wyniki prób służą za podstawę do przyjęcia względnie odrzucenia danego materjału uzbrojenia lub do przyjęcia decyzji, czy nowy sprzęt jest odpowiedni. Wychodząc z tego założenia, poligonowi Aberdeen, aby mógł on należycie wypełniać swe zadania, dano stałą załogę wojskową i kompletną organizację przemysłową, obejmującą personel, wysoce wyrobiony technicznie, zdolny do przeprowadzania badań najrozmaitszych materjałów uzbrojenia i do układania należytych sprawozdań ze swych prac. Na czele poligonu stoi komendant-oficer sztabowy służby uzbrojenia.

W 1921 r. stały personel poligonu składał się z 32 oficerów, 363 żołnierzy i 435 pracowników cywilnych, w 1926 r. — z 40 oficerów, 250 żołnierzy i 375 pracowników cywilnych [22])..

Budżet poligonu w 1925/26 r. wynosił 766.184 dolary [23]).

Poligon Aberdeen posiada bogate muzeum sprzętu uzbrojenia i rozporządza najnowszemi, częściowo ulepszonemi przez siebie, przyrządami do badań balistycznych, jak chronograf-solenoid, piezoelektryczny przyrząd do mierzenia ciśnienia w lufach i t. p. [24]).

Poniżej podaję kilka zdjęć z urządzeń poligonu Aberdeen: [25])

rys. 18 — sala chronografów Boulengé; chronografów tych jest 18, każdy na własnym, niepołączonym z podłogą sali, fundamencie. Przy strzelaniu z działa mierzy się czas każdorazowo trzema chronografami jednocześnie.

---

[21]) Marynarka amerykańska dla swych celów posiada własne instytucje badawcze, w tej liczbie dwa poligony doświadczalne na brzegu rzeki Potamac poniżej m. Waszyngtonu D. C.: stary poligon w Indian Head i nowy — w Dahlgren. Na tym ostatnim można strzelać na dystansie do 90 km.

[22]) Opis poligonu w Aberdeen podano podług artykułów H. W. Schull'a w Nr. 5 i 12 „Army Ordnance" i ppłk. C. M. Wesson'a w Nr. 38 tegoż czasopisma.

[23]) p. Army Ordnance Nr. 41 s. 358.

[24]) p. Przegląd Artyl. t. VII s. 182 artykuł kpt. inż. Wojciechowskiego i Army Ordnance Nr. 38 i 39 artykuł mjr. A. W. Forda.

[25]) Podług „Army Ordnance" Nr. 38, 39 i 41.

rys. 19 — chronograf konstrukcji poligonu Aberdeen, przenośny, do użytku w polu. Pomysłu mjr. A. L. Loomis'a i Dr. P. E. Klopsteg'a, skonstruowany w Aberdeen w 1918—1919 r.

rys. 20 — działo i ramy, gotowe do określania szybkości początkowej pocisków chronografem konstrukcji poligonu Aberdeen.

rys. 21 — aparatura chronografu-solenoidu.

rys. 22 — działo przeciwlotnicze i solenoid, gotowe do określania szybkości początkowej pocisków.

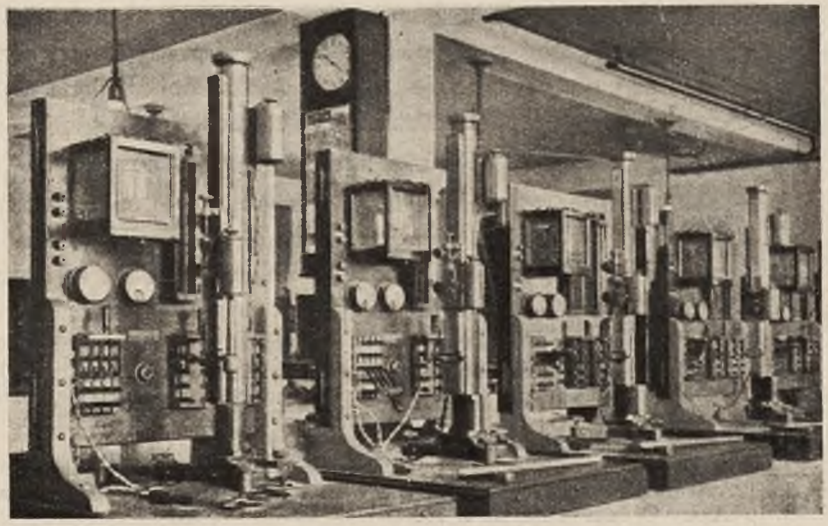
rys 23 — tor strzelniczy do badania wpływu oporu powietrza na lot pocisków działowych.

rys. 24 — tekturki z przebiciami, otrzymanemi przy badaniu oporu powietrza przy locie pocisków.

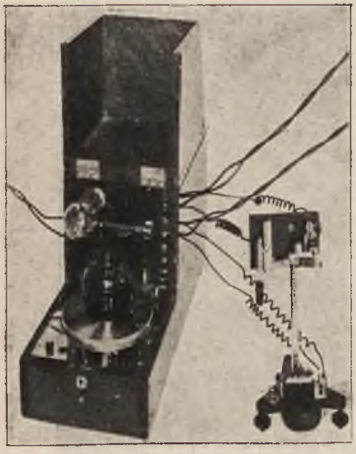
rys. 25 — stanowisko dział przeciwlotniczych na poligonie Aberdeen.

Mając szereg arsenałów, nastawionych głównie w kierunku ulepszeń sprzętu uzbrojenia i taki poligon doświadczalny, jak Aberdeen, nic dziwnego, że amerykańska armja pod względem rozwoju techniki uzbrojenia kroczy po wojnie światowej na czele innych armij.

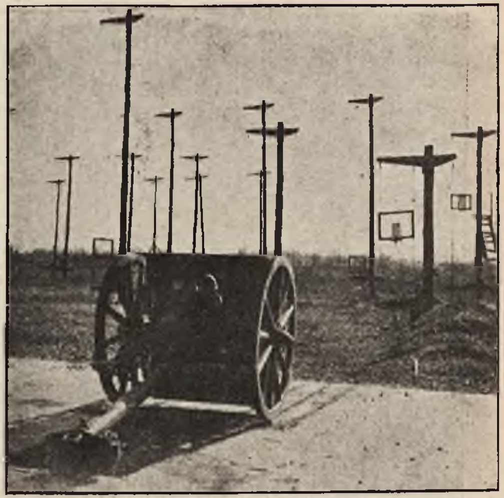
W opisie poligonu Aberdeen godny zastanowienia jest stosunek liczebny personelu podczas pokoju do personelu podczas wojny. Wy-



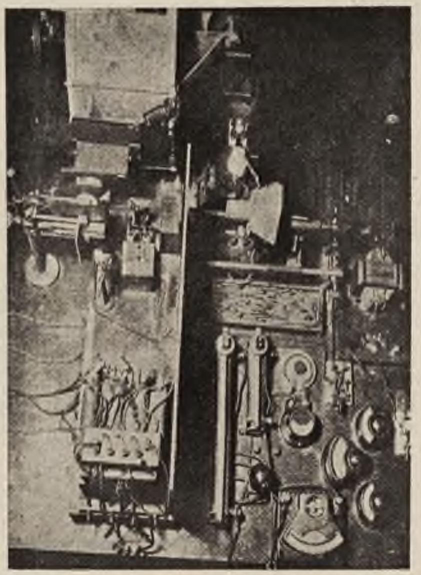
Rys. 18.



Rys. 19.

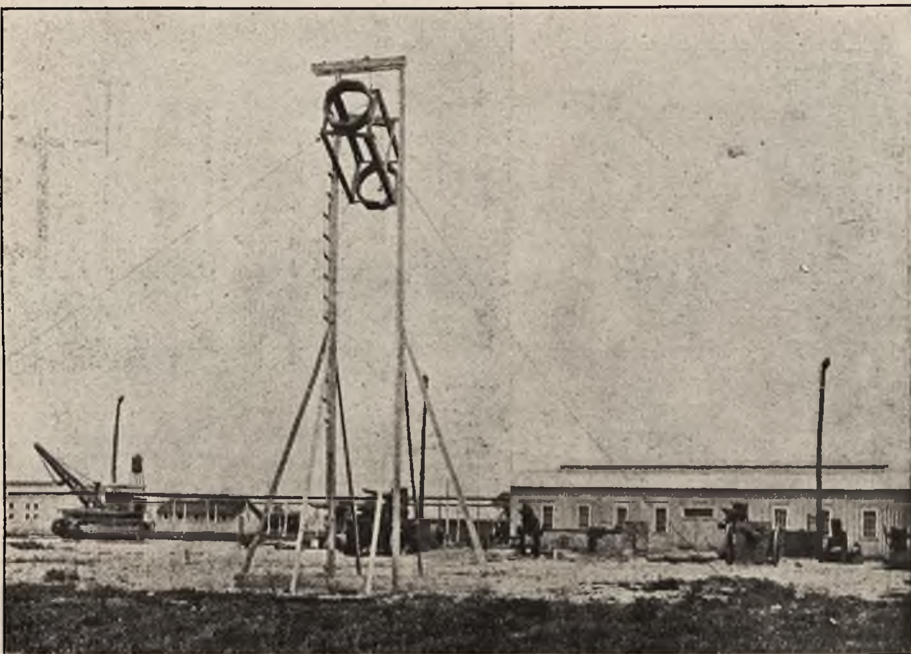


Rys. 20.



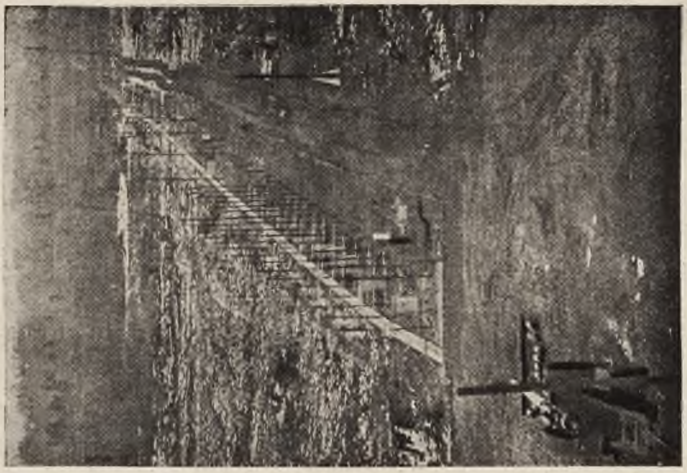
Rys. 21.

nosi on mniej więcej 1:8. W Militärversuchsamt widzieliśmy stosunek 1:4. Dowodzi to, że instytucje badawcze w planach mobilizacyjnych należy traktować narówni z jednostkami linjowemi i przewidzieć odpowiednie uzupełnienie ich w chwili mobilizacji. Niedopuszczalne

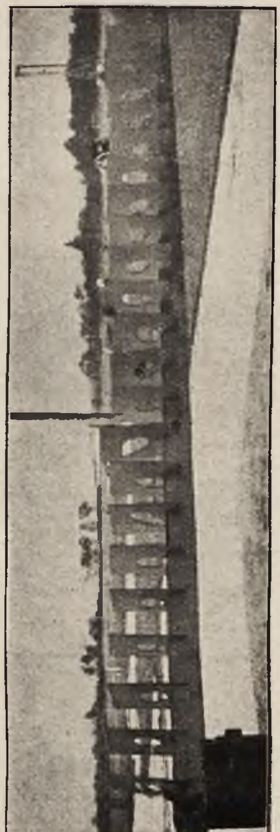


Rys. 22.

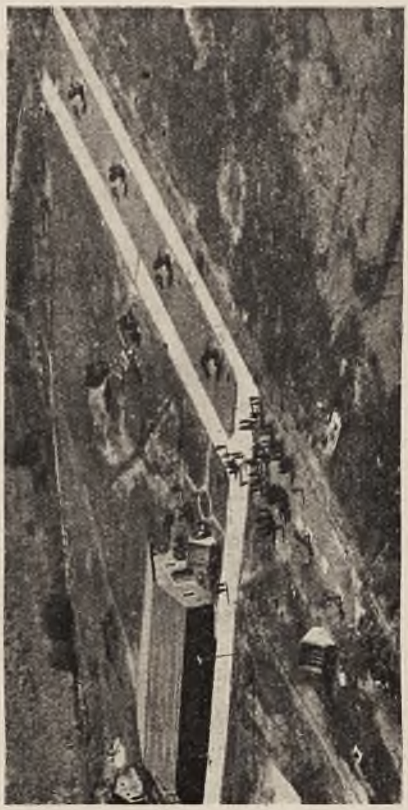
jest powtórzenie wypadków, znanych z ostatniej wojny, gdy profesorów wyższych zakładów naukowych, chemików lub mechaników, pobranych do wojska jako ochotników lub pospolitaków, stawiano na warcie przy składach benzyny, mostach lub t. p. Niewskazanem wydaje się również odrywanie od normalnych zajęć w wojskowych instytucjach badawczych i w zakładach przemysłu wojennego pracowników fachowych, zaliczonych do rezerwy, i powoływanie ich na ćwiczenia w piechocie lub t. p. Przecież w kraju, posiadającym przemysł wojenny, ludzie ci podczas wojny na front nie pójdą, a przeciwnie muszą otrzymać jeszcze cały szereg sił fachowych do pomocy, aby podołać znacznie wzmożonym zadaniom. Raczej część techników cywilnych, powoływanych na ćwiczenia wojskowe, należałoby zamiast do pułków przydzielać do instytucyj badawczych lub przemysłu wojennego, aby obznajmili się oni, choć pobieżnie, z czynnościami, do których będą przeznaczeni podczas wojny. Pozwoliłoby to jednocześnie na pewną selekcję tych sił i dobór ich według uzdolnienia i przygotowania fachowego. Tylko przy takim systemie można będzie spodziewać się terminowego i fachowego rozwiązania zagadnień, jakie wojna postawi instytucjom badawczym i przemysłowi wojennemu.



Rys. 23.



Rys. 24.



Rys. 25.

Ze służb uzbrojenia państw nowoodbudowanych i nowopowstałych po wojnie światowej, najtrudniejsze bodaj zadanie miała i ma do rozwiązania służba uzbrojenia w Polsce.

Mniejsze państwa nie rozbudowywały u siebie przemysłu wojennego i musiały stworzyć tylko aparat odbiorczy, który potrafiłby należycie sprawdzić sprzęt uzbrojenia, zakupywany poza granicami kraju, najczęściej w starych o wyrobionej opinji wytwórniach.

Czechosłowacja odziedziczyła po Austrji dość silny przemysł wojenny z wyrobionym personelem, który tylko częściowo, jako niepewny politycznie, trzeba było usunąć i zastąpić przez fachowców własnych. Dostęp do przemysłu wojennego i do Ministerstwa Wojny dla Czechów w Austrji nie był zamknięty, wobec czego po wojnie Czechosłowacja odrazu rozporządzała stosunkowo znaczną ilością starych wyrobionych fachowców w dziedzinie uzbrojenia i mogła od nich lub przez nich uzyskać najrozmaitsze instrukcje, przepisy, warunki techniczne i t. p., dotyczące produkcji i odbioru sprzętu uzbrojenia.

Polska po wojnie światowej otrzymała kraj w dwóch trzecich zdewastowany i ogołocony przez najeźdźców; bezpośrednio potem w ciągu około 2 lat musiała w ciężkich walkach bronić i ustalać swe granice, tworząc prawie z niczego administiację kraju, skarb i armję. W dziedzinie uzbrojenia bezcenną wprost pomoc dała nam w tym okresie Francja.

Przemysł na ziemiach polskich nigdy nie był przez zaborców popierany, a przemysł wojenny nie istniał wcale. Fachowców w dziedzinie uzbrojenia z byłych armij zaborczych otrzymaliśmy znikomą ilość, dającą się policzyć na palcach, gdyż do wytwórni wojskowych, a nawet do wyższych uczelni wojskowych, szczególnie w Niemczech i w Rosji, przed wojną dopuszczano Polaków z bardzo wielkiemi ograniczeniami. Podczas wojny w przemyśle wojennym w Rosji, z braku techników Rosjan, pracowała dość znaczna ilość inżynierów cywilnych Polaków. Po powrocie do kraju część ich stanęła w szeregach służby uzbrojenia i oddała cenne usługi sprawie uzbrojenia polskiej armji, szczególnie w pierwszych latach niepodległości, zanim stopniowo nie wyrobił się dalszy zastęp fachowców, że tak powiem, produkcji krajowej.

Ci ostatni rekrutowali się również z inżynierów i techników cywilnych lub oficerów o technicznem wykształceniu cywilnem, częściowo nawet z prawników, filologów i t. p., którzy brali rozbrat z dotychczasową swą specjalnością i poświęcali się w całości nowe-

mu fachowi — technice uzbrojenia. Kształcenie się, ściślej mówiąc, samokształcenie się oficerów i inżynierów służby uzbrojenia w pierwszych latach niepodległości było nadzwyczaj utrudnione. Z dziedziny tej nie było w Polsce prawie żadnych przepisów, instrukcyj i t. p., a nawet elementarne podręczniki z zakresu uzbrojenia były tylko w bardzo ograniczonej ilości w prywatnem posiadaniu. Wypożyczano je sobie wzajemnie i studjowano z zapałem po nocach, jak ongi „nielegalną" literaturę, bo czekał na nie już następny reflektant.

Nie posiadając odpowiednich opisów i nie mając możności ze znakowania zorjentować się, jaka konstrukcja jest danej amunicji i jakim materjałem jest ona nabita, bez żadnych środków zabezpieczenia rozkręcano i rozpiłowywano rozmaite wzorki amunicji, pozostałej po okupantach, studjowano ich konstrukcję i badano zawartość, ryzykując w razie wypadku życiem i niepochlebną wzmianką pośmiertną o ignorancji lub kalectwem i ewentualnem pociągnięciem do odpowiedzialności sądowej za niezachowanie środków ostrożności przy pracy.

W laboratorjach, niedostosowanych do takich prac, przystąpiono do wytwarzania nowych materjałów wybuchowych i do prób z niemi, co w paru wypadkach spowodowało kalectwo chemików, zatrudnionych temi pracami.

Bezpośrednio po zakończeniu wojny z bolszewikami musiano przystąpić do rozbrajania dość znacznych ilości amunicji najrozmaitszych rodzajów i pochodzenia, pozostałych na terenie kraju po wojnie światowej. Zadanie to rozwiązano wyłącznie siłami krajowemi, ekonomicznie i bez większych wypadków, co należy zapisać jako wielki plus na dobro krajowych chemików i pirotechników, zatrudnionych przy tych pracach. Przy organizowaniu działu chemicznego służby uzbrojenia (szkoleniu pirotechników, zakładaniu rozbrajalni amunicji, zaprowadzaniu kontroli chemicznej prochów i t. d.) wielkie zasługi położył ówczesny Szef Wydziału Chemicznego, a w następstwie Zastępca Szefa Departamentu Uzbrojenia gen. bryg. inżynier E. Grotowski, były pułkownik służby uzbrojenia austrjackiej armji.

Bezpośrednio po wojnie przystąpiono również do rozbudowy krajowego przemysłu wojennego, przedewszystkiem do uruchomienia produkcji prochów, materjałów wybuchowych i amunicji. Przy wydatnej pomocy Francji, skąd otrzymaliśmy wiele cennych wskazówek, przepisów, instrukcyj i t. p. i dokąd wysyłano na wyszkolenie i praktykę naszych oficerów i techników, przemysł ten, częścio-

wo państwowy, a częściowo prywatny, został dość silnie rozbudowany w dostosowaniu do finansowych możliwości kraju.

Natomiast nie doceniano początkowo potrzeby odnośnych laboratorjów i stacyj doświadczalnych, zaopatrzonych w odpowiednie urządzenia i wykwalifikowany personel, który badałby i rozwiązywał kwestje, wyłaniające się w coraz większej ilości w miarę rozwoju przemysłu wojennego. O ile potrzeba utworzenia centrum badawczego środków obrony przeciwgazowej była popularna i zrozumiała nawet dla szerszego ogółu obywateli, to produkcję i odbiór normalnej broni i amunicji, jak również elementów amunicji uważano za wszechstronnie już zbadane, wyjaśnione i opisane tak, że wystarczy sięgnąć do odnośnej literatury, aby wyjaśnić sobie każdą sprawę z tej dziedziny we wszystkich szczegółach.

Praktyka szybko dowiodła jednak, że tak nie jest, że niezbędne jest utworzenie specjalnej instytucji, którąby na podstawie własnych prób i badań, jak również danych, otrzymywanych z rozmaitych źródeł tak krajowych jak i zagranicznych, uzgadniała wymagania linji z możliwościami przemysłu, opracowywała warunki odbiorcze na sprzęt uzbrojenia i elementy jego, jak również przepisy i instrukcje, dotyczące sprzętu uzbrojenia, pełniła funkcje doradcy technicznego w sprawach uzbrojenia przy władzach wyższych i t. d. Dla wypełniania tych zadań utworzono w 1925 r. Instytut Badań Artylerji, przemianowany w następstwie na Instytut Badań Materjałów Uzbrojenia, który powoli, ale stale rozwija się i w najbliższej przyszłości, należy przypuszczać, po uzyskaniu własnej specjalnie urządzonej siedziby, w całej pełni będzie odpowiadał swemu przeznaczeniu i pracował ku zupełnemu zadowoleniu tak armji, jak i przemysłu wojennego.

Z rozrostem przemysłu wojennego poszczególne wytwórnie w zrozumieniu, iż bez badań niemożliwy jest rozwój przemysłu, zaczęły wydzielać u siebie działy doświadczalne, organizować laboratorja badawcze i t. p., które stały się bardzo cennem uzupełnieniem instytucyj badawczych czysto wojskowych.

Należy przypuszczać, że potrzeba i ważność badań w dziedzinie sprzętu uzbrojenia będą zyskiwały sobie coraz szersze zrozumienie, że tak przez M. S. Wojsk, jak i przez dyrekcje wytwórni będą asygnowane na cele badawcze możliwie jak największe kwoty i że w krótkim czasie uzupełnimy wszystkie swe braki pod tym względem, braki, powstałe nie z naszej winy, a skutkiem warunków politycznych kraju i niedopuszczania nas do spraw uzbrojenia przez państwa zaborcze.

Drukarnia Techniczna Sp. Akc., Warszawa, Czackiego 3/5